HAL
open science

Récit et médiation scientifique "sur le terrain" en géologie : une approche épistémologique et didactique de la mise en récit dans les situations de médiation de la géologie in situ

François Dessart

▶ **To cite this version:**

François Dessart. Récit et médiation scientifique "sur le terrain" en géologie : une approche épistémologique et didactique de la mise en récit dans les situations de médiation de la géologie in situ. Education. Université de Lyon, 2019. Français. NNT : 2019LYSE1209 . tel-02466299

HAL Id: tel-02466299

https://theses.hal.science/tel-02466299v1

Submitted on 4 Feb 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

THÈSE DE DOCTORAT
DE L'UNIVERSITÉ DE
LYON

opérée au sein de
l'Université Claude Bernard Lyon 1

Ecole Doctorale EPIC 485

Education - Psychologie - Information et Communication - Histoire, Epistémologie et Philosophie des Sciences, des Techniques et des Technologies

Spécialité du Doctorat :
SCIENCES DE L'ÉDUCATION ET
DE LA FORMATION

DISCIPLINE :
Didactique des Sciences de la Vie et de la Terre

Soutenue publiquement le 20 novembre 2019 par :

François Dessart

RÉCIT ET MÉDIATION SCIENTIFIQUE « SUR LE TERRAIN » EN GÉOLOGIE

Une approche épistémologique et didactique de la mise en récit dans les situations de médiation de la géologie in situ

Devant le jury composé de :

Daniel Jacobi, professeur émérite, Avignon Université, président
Denise Orange Ravachol, professeur émérite, Université de Lille, rapporteure
Pierre Savaton, maitre de conférence HDR, Université de Caen–Normandie, rapporteur
Véronique Gardien, maitre de conférence HDR, Université Claude Bernard-Lyon1, examinatrice
Angela Barthes, professeur, Aix-Marseille Université, examinatrice
Robin Bosdeveix, Inspecteur Général de l'Éducation Nationale (SVT), Université Paris Diderot, examinateur

Eric Triquet, professeur, Avignon Université, directeur de thèse
Gweltaz Mahéo, maitre de conférence HDR, Université Claude Bernard-Lyon1, co-encadrant

ÉCOLE DOCTORALE 485

Laboratoire S2HEP - Université Claude Bernard - Lyon1

Centre Norbert Elias UMR 8562

Résumé

Cette recherche doctorale s'intéresse à des situations de médiation des savoirs géologiques in-situ. Elle s'interroge notamment sur les modalités de production d'un discours par des médiateurs-guides « de terrain », qui reconstituent l'histoire d'un géosite. Plus particulièrement, cette recherche étudie la façon dont les savoirs géologiques convoquent le récit et comment ils articulent les deux approches fonctionnalistes et historiques de la géologie de terrain. Au travers d'une étude de cas, elle explore les dimensions épistémologiques et didactiques des narrations mises en œuvre dans ces médiations scientifiques « sur le terrain ». Dans une analyse épistémologique de la géologie de terrain, nous avons mis en évidence la nécessité de construire le « réel de terrain », et nous avons montré les diverses formes que prend la temporalité dans les reconstitutions historiques. Nous avons également montré comment les modes de raisonnement de la géologie confrontent fonctionnalisme et historicisme, au travers d'une dualité loi/histoire. Nous nous sommes ensuite inscrits dans un cadre didactique pour penser la médiation des savoirs géologiques. Il s'est agi de rechercher comment le médiateur construit le réel de terrain, et comment il reconstitue des événements le long des temps géologiques. Il doit pour cela aller au-delà des phénomènes géologiques, et mettre en œuvre une démarche historique rationnelle, fondée sur des nécessités historiques. Les contraintes qui s'imposent au médiateur de terrain sont liées à la « captation » de son public par l'intermédiaire de narrations. Mais le récit, au travers d'un jeu d'intrigue et de rupture dans le cours des choses, permet avant tout la reconstitution de l'histoire géologique dans son cadre évolutionniste, où le changement organise la direction — mais non la finalité — de l'histoire. La thèse défendue est que le récit intervient dans le discours des médiateurs comme un processus narratif qui construit le lien entre le « non-actuel géologique » et l'univers matériel qui semble s'imposer comme forme prépondérante du réel de terrain. Face à un empirisme « naïf », nous défendons l'idée que le récit construit une causalité narrative évoluée, à l'origine d'une démarche historique rationnelle. Notre méthodologie s'est construite sur la recherche systématique, grâce au logiciel Transana, d'indicateurs de mise en récit, de fictionnalisation et de démarche historique. Les résultats produits montrent que les mises en récit structurant le discours sont très discrètes, et mobilisent une forme prédominante

de fonctionnalisme, qui se focalise sur les phénomènes (an-historiques) et rend difficile la prise en charge des temps géologiques par les médiateurs. Néanmoins, des histoires géologiques sont produites, notamment grâce à des emboitements de récits, utilisés par le médiateur pour organiser les événements entre eux, au sein d'un cadre évolutif fondé sur le changement. Mais les formes de causalité narrative mises en œuvre, notamment par l'intermédiaire d'analepses, n'engagent pas de véritables rétrodictions de l'histoire géologique et de ce fait peinent à construire une rationalité historique. La thèse montre que l'exploration des possibles explicatifs est fréquemment prise en charge par l'activité de fictionnalisation. Ces « fictions » invitent le public à une immersion dans l'univers virtuel de la géologie. Par mise en œuvre de la mimesis fictionnelle, le médiateur « contrôle » ces virtualités et prend ainsi en charge le non-actuel de terrain en ne s'enfermant pas dans une transmission purement magistrale des savoirs géologiques. La thèse conclut que le récit est un véritable outil de construction rationnelle de l'histoire, qui joue un rôle fondamental dans les sciences, dans la mesure où celles-ci étudient des objets qui pour la plupart s'inscrivent dans une histoire. En ce sens, par le récit, la science contrôle le temps.

Mots clés Problématisation ; Démarche historique ; Récit ; Fiction ; Géologie ; Terrain ; Didactique , Épistémologie ; Médiation scientifique ; Vulgarisation ; Sciences de la Terre ; Socio-diffusion des sciences.

NARRATIVE AND SCIENTIFIC MEDIATION OF GEOLOGY "IN THE FIELD"

An epistemological and didactic approach of narrative in situations of geological mediation in situ

Abstract

This doctoral research focuses on situations of mediation of geological knowledge in-situ. In particular, she wonders about the modalities of producing a speech by "field" mediators-guides, who reconstruct the history of a geosite. More specifically, this research studies the way in which geological knowledge convenes the narrative and how they articulate the two functionalist and historical approaches of field geology. Through a case study, she explores the epistemological and didactic dimensions of the narratives implemented in these "on the ground" scientific mediations. In an epistemological analysis of field geology, we have highlighted the need to construct the "field real", and we have shown the various forms that temporality takes in historical reconstructions. We have also shown how the modes of reasoning of geology confront functionalism and historicism, through a duality law / history. We then entered a didactic framework to think the mediation of geological knowledge. It was a question of looking at how the mediator constructs the real world, and how he reconstructs events along the geological time. It must go beyond geological phenomena, and implement a rational historical approach, based on historical necessities. The constraints imposed on the field mediator are linked to the "capture" of his audience through narrations. But the story, through a game of intrigue and a break in the course of things, allows above all the reconstruction of geological history in its evolutionary framework, where the change organizes the direction - but not the purpose - of the story. The thesis defended is that the narrative intervenes in the mediators' discourse as a narrative process that builds the link between the "non-current geological" and the material universe that seems to be prevailing as a preponderant form of reality on the ground. Faced with a "naive" empiricism, we defend the idea that the narrative constructs an evolved narrative causality, at the origin of a rational historical step. Our methodology was built on the systematic search, thanks to the Transana software, of indicators of narrative, fictionalization and historical approach. The results produced show that narrative structuring narratives are very discrete, and mobilize a predominant form of functionalism, which focuses on phenomena (an-historical) and makes it difficult for mediators to deal with geological times. Nevertheless, geological histories are produced, including through storytelling, used by the mediator to organize

events among themselves, within an evolving framework based on change. But the forms of narrative causality implemented, especially through analepses, do not engage real retrodictions of geological history and thus struggle to build a historical rationality. The thesis shows that the exploration of explanatory possibilities is often supported by the activity of fictionalization. These "fictions" invite the public to immerse themselves in the virtual world of geology. By implementing the fictional mimesis, the mediator "controls" these virtualities and thus takes charge of the non-actual field by not enclosing itself in a purely masterful transmission of geological knowledge. The thesis concludes that the narrative is a real tool for the rational construction of history, which plays a fundamental role in the sciences, as they study objects that for the most part fit into a story. In this sense, through narrative, science controls time.

Keywords: Problematization ; Historical approach ; Narrative ; Fiction ; Geology ; Field ; Didactic ; Epistemology ; Scientific mediation ; Popularization of Science ; Earth Science.

Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier Éric Triquet pour sa rigueur et son exigence dans le suivi de mes recherches. Il a su m'amener loin dans ce travail complexe et ambitieux. Je lui en suis profondément reconnaissant.

Je remercie également Gweltaz Mahéo qui a co-encadré cette thèse et qui a su être présent aux bons moments pour me guider et me dépanner dans l'urgence. Il m'a aidé à être précis et sobre dans la mise en œuvre des éléments géologiques de cette thèse.

Je dois aussi remercier Raymond Cirio qui a accepté d'être filmé durant cinq sorties géologiques. Il m'a accueilli chaleureusement dans sa région de Briançon et s'est prêté au jeu sans aucune hésitation.

Un grand merci également à Thierry Grand pour avoir accepté de se prêter au jeu lui aussi et de m'avoir accueilli en tant que stagiaire accompagnateur en montagne.

Je me dois aussi de remercier les autres médiateurs de terrain que j'ai enregistrés et qui n'apparaissent pas dans l'analyse du corpus de cette thèse mais qui ont contribué à en nourrir les réflexions : Pierre Rénaud, Gilles De Broucker, François Amelot et André Genin. Ils m'ont accueilli sans réticence pour se prêter à un exercice qui reste délicat.

Merci à Fabienne Paulin pour m'avoir donné à plusieurs reprises de très bonnes pistes de réflexion. Nos discussions ont toujours été l'occasion de relancer mes analyses qui avaient, il faut le dire, la fâcheuse tendance à se bloquer.

Ma reconnaissance va également à Patricia Crépin, Denise Orange Ravachol et Christian Orange avec qui j'ai pu échanger sur des points clés de mes recherches.

Je remercie le S2HEP pour avoir accueilli mes recherches et m'avoir suivi jusqu'au bout de ce long travail.

Un grand merci à tous les autres pour m'avoir aidé à un moment ou à un autre de ce long parcours de recherche :

- Greg Garnery pour ses idées sur l'idéal-type de Max Weber
- Mon frère Luc pour ses remarques d'une grande pertinence sur l'histoire du cosmos et ses conseils avisés sur les modalités d'écriture de la thèse
- Mes collègues du Lycée Guillaume Fichet qui ont accepté que je reste un peu

en retrait dans les projets de l'équipe durant ce travail de thèse

- ≻ Romain, Jean-Baptiste et mes autres amis-coureurs de sentiers des Alpes pour m'avoir aidé à garder la forme et m'avoir permis de garder un moral d'acier

Tous mes remerciements vont à Angela Barthes, Robin Bosdeveix, Véronique Gardien, Daniel Jacobi, Denise Orange Ravachol et Pierre Savaton, pour avoir accepté de lire mon travail.

Merci aussi à mes parents qui m'ont permis de m'enfermer de nouveau dans ma chambre d'étudiant pour travailler pendant les vacances scolaires.

Enfin, je tiens à remercier tout particulièrement ma femme, Sandrine, et mes enfants, Timothée, Ninon et Mélie-Lou pour avoir fait preuve d'une grande patience et pour m'avoir soutenu jusqu'au bout de ce long travail. Je leur serai à jamais reconnaissant.

Table des matières

Résumé i

Table des matières ix

Table des figures xv

Liste des tableaux xxi

Préambule **xxiii**

INTRODUCTION **1**

CADRE THÉORIQUE **7**

INTRODUCTION **9**

1 RECONSTITUER UNE HISTOIRE DES OBJETS GÉOLOGIQUES **11**

1.1 LA GÉOLOGIE DE TERRAIN ET LA QUESTION DU RÉEL . . 12

1.1.1 La problématique de la perception du réel 12

1.1.2 Le réel en sciences : actuel et non-actuel 18

1.1.3 Le réel en géologie 33

1.2 LA GÉOLOGIE DE TERRAIN ET LA QUESTION DU TEMPS . 45

1.2.1 La perception du temps : le temps vécu 46

1.2.2 Le temps construit par la science 50

1.2.3 Diversité des formes de temps en géologie 52

1.3 LA GÉOLOGIE DE TERRAIN ENTRE LOI ET HISTOIRE . . . 65

1.3.1 La géologie : science d'un monde uniforme ? 65

1.3.2 La recherche des causes en géologie 81
1.3.3 Les modes de raisonnement en géologie 94

2 ENJEUX DIDACTIQUES 101
2.1 CONSTRUIRE L'ACTUEL POUR CONSTRUIRE UN RÉEL DE TERRAIN : L'ACTUALISME 102
2.1.1 Se mettre d'accord sur ce que l'on désigne comme réel 103
2.1.2 Problématiser le réel de terrain 115
2.1.3 Mettre en œuvre l'actualisme 127
2.2 CONSTRUIRE LES TEMPS GÉOLOGIQUES 138
2.2.1 La perception du temps 138
2.2.2 Les obstacles à la perception du temps 140
2.2.3 La co-construction du temps et de l'espace en géologie . . . 143
2.2.4 Les enjeux didactiques de la construction de la temporalité . 145
2.3 LA DÉMARCHE HISTORIQUE 153
2.3.1 Les limites de l'actualisme 153
2.3.2 Le piège du modèle historisé : un obstacle à la construction d'une histoire contingente 157
2.3.3 La nécessité d'une « chronologie » évoluée 160
2.3.4 Construire l'histoire : nécessité d'une causalité narrative évoluée 164

3 LA MÉDIATION DES TEMPS GÉOLOGIQUES SUR LE TERRAIN : RÉCIT ET FICTION 173
3.1 DE LA MÉDIATION DES SCIENCES À LA MÉDIATION DE LA GÉOLOGIE DE TERRAIN 174
3.1.1 Le discours de médiation scientifique : un mode de socio-diffusion des sciences 175
3.1.2 Les formes du discours médiatique 183
3.1.3 Médiation de la géologie « sur le terrain » et mise récit . . . 188
3.2 RÉCIT : LE CHOIX D'UNE DÉFINITION 190
3.2.1 La structure du récit 191
3.2.2 Stabilité et changement selon Bruner : le récit au cœur de la culture 194
3.2.3 Mise en intrigue et *mimesis* : le récit selon Ricœur 196
3.3 RÉCIT ET SAVOIRS SCIENTIFIQUES 205
3.3.1 Les fonctions du récit 205
3.3.2 Le récit : une narration du temps 210
3.4 LA FICTION ET L'HISTOIRE 215
3.4.1 Médiation fictionnelle 216
3.4.2 La fiction et l'histoire : la temporalité des mondes possibles . 217

CONCLUSION GÉNÉRALE DU CADRE THÉORIQUE 229

ÉTUDE DE CAS 233

4 LES SITUATIONS ÉTUDIÉES 237
4.1 CONTEXTE GÉOLOGIQUE GÉNÉRAL DE L'OROGENÈSE ALPINE . . . 237
4.1.1 Le découpage en zones géologiques de l'arc alpin : autant d'histoires géologiques des Alpes . . . 239
4.1.2 Éléments de l'histoire géologique de la chaine alpine . . . 247
4.2 DES SITUATIONS DE MÉDIATION D'UNE HISTOIRE GÉOLOGIQUE . . . 254
4.2.1 La situation « Aiguille Dibona » . . . 254
4.2.2 La situation « Valon du Fournel » . . . 280

5 MÉTHODOLOGIE D'ÉTUDE 315
5.1 CRITÈRES ET INDICATEURS D'ANALYSE DU DISCOURS . . . 315
5.1.1 Le logiciel d'analyse de données qualitatives : TRANSANA . 316
5.1.2 Critères d'analyses . . . 318
5.1.3 Liste des indicateurs . . . 323
5.1.4 Traitement des enregistrements et transcriptions . . . 323
5.2 PRODUCTION DES DONNÉES TRAITÉES . . . 328
5.2.1 Affectation des indicateurs et production des collections « –S– » . . . 330
5.2.2 Production des collections « –A– » . . . 333
5.2.3 Modalités de présentation des résultats . . . 333

6 RÉSULTATS ET ANALYSES 339
6.1 DES MISES EN RÉCIT DISCRÈTES ORGANISÉES EN RÉCIT–CADRE ET RÉCITS–ENCADRÉS . . . 339
6.1.1 Des mises en récits très discrètes . . . 340
6.1.2 Un récit cadre pour construire l'histoire géologique du Fournel 343
6.1.3 Une histoire géologique de la Dibona pour construire un récit-cadre . . . 350
6.2 UN FONCTIONNALISME PRÉDOMINANT DANS LE DISCOURS 354
6.2.1 Des raisonnements principalement hypothético-déductifs . . . 355
6.2.2 Une focalisation sur les process vs pattern . . . 361
6.2.3 Les contraintes et nécessités peu présentes . . . 363
6.3 LA DIFFICILE PRISE EN CHARGE DES TEMPS LINÉAIRES . 367
6.3.1 Les formes du temps dans les médiations . . . 368

6.3.2 Expression de l'aporétique du temps 375
6.3.3 Le temps « évité » 378

DISCUSSIONS 385

7 LA MISE EN RÉCIT DE L'HISTOIRE GÉOLOGIQUE 389
7.1 LES DIFFÉRENTS NIVEAUX D'EMBOITEMENT DES RÉCITS 389
7.1.1 Récits encadrés : une articulation des récits entre eux pour organiser le disparate 390
7.1.2 Micro-récits 399
7.2 RÉCIT ET ÉVOLUTION DES OBJETS GÉOLOGIQUES 401
7.2.1 Concordance et rupture : le récit, entre stabilité et changement 402
7.2.2 Le récit finaliste : le piège du directionnalisme 412

8 CAUSALITÉ NARRATIVE, RETRODICTION, ET DÉMARCHE HISTORIQUE 423
8.1 LA MISE EN RÉCIT : ENTRE EXPLICATION HISTORIQUE ET CHRONOTROPE 423
8.1.1 Récit explicatif, méta-récit et récit méta-didactique 424
8.1.2 Le difficile engagement des objets géologiques dans la problématisation historique conduit à des événements « *phénoménalisés* » 426
8.2 ANALEPSES ET RÉTRODICTION : VERS UNE POSSIBLE CAUSALITÉ NARRATIVE 433
8.2.1 Des analepses peu explicitées 434
8.2.2 Les analepses organisent la tension narrative par des formes de problématisations 437
8.2.3 ...mais cette tension narrative se construit presque exclusivement sur des analepses fonctionnalistes 440
8.2.4 Les analepses explorent un registre empirique modélisé . . . 448

9 CONSTRUCTION DES POSSIBLES : LA FICTION ET L'ARTICULATION ACTUEL / NON-ACTUEL 453
9.1 LE DISCOURS DE MÉDIATION ENGAGE LE PUBLIC DANS UNE IMMERSION FICTIONNELLE 453
9.1.1 Le « déjà-écrit » est un monde fictionnel à explorer 453
9.1.2 Immersion fictionnelle par ré-instanciation : le médiateur fait re-jouer le passé 456
9.2 LE CONTRÔLE DE LA SIMILARITÉ RELATIVE 457
9.2.1 Des feintises pour « faire croire » que l'on ne dit pas la réalité 457

9.2.2 Des modélisations analogiques qui se focalisent implicitement sur les variables fortes des phénomènes 459
9.3 LE NON-ACTUEL GÉOLOGIQUE EST EXPLORÉ GRÂCE À LA MIMESIS FICTIONNELLE 460
9.3.1 Des mimesis fictionnelles qui produisent un gain cognitif . . 461
9.3.2 Des mimesis fictionnelles qui simplifient les représentations du réel 464
9.3.3 Des mimesis fictionnelles qui permettent la manipulation du virtuel 466

CONCLUSION GÉNÉRALE 473

Bibliographie 511

Index des auteurs anciens 527

Index des auteurs récents 528

ANNEXES 531

Les enregistrements initiaux des médiateurs 533

Le cadre théorique de l'histoire géologique alpine : la théorie de la tectonique des plaques 537

Critères 549

Les différents indicateurs classés par critères 551

Liste exhaustive des indicateurs « Transana » 573

Codage des indicateurs « Transana » : Tableau général 585

Codage des indicateurs « Transana » : Tableau de présentation par critères 587

Synopsis de la situation « Fournel RC » 593

Transcriptions de la situation « Fournel RC » 599

Synopsis de la situation « Dibona TG » **629**

Transcription de la situation « Dibona TG » **631**

Documents complémentaires à la partie « Étude de cas » : Résultats **651**
1 Organisation séquentielle de l'activité géologique de terrain « Dibona TG » 652
2 Organisation chronologique de la mise en récit dans la situation « Dibona-TG » 652
3 Organisation séquentielle des arrêts de l'activité géologique de terrain « Fournel RC » : 653
4 Organisation chronologique de la mise en récit dans la situation « Fournel-RC » 653

Documents annexes Sorties Géologiques **655**
1 Documents Sortie géologique RC-Fournel 655

Les deux perspectives narratives dans le processus de mise en récit en situation de médiation scientifique **657**
1 Deux types de perspectives narratives 657

Table des figures

0.1 Une situation de médiation de la géologie de terrain xxviii

1.2.1 Frontispice de l'édition princeps de Telluris Theoria Sacra, de Thomas Burnet, 1680 57
1.2.2 Une discordance selon Hutton (d'après (Gohau, 2003, p 95) 62
1.3.1 Twelve fallacies of unifomitarianism (Shea (1982) in Orange-Ravachol (2012, p. 79)) 91
1.3.2 Formes d'actualisme mobilisées par les géologues (d'après Orange Ravachol, 2012) 93

2.1.1 Place de la phénoménologie dans la mise en place d'un registre empirique (d'après Martinand 1996) 113
2.1.2 Double dédoublement Faits/Idées et Assertorique/Apodictique (d'après Lhoste & Peterfalvi 2009) 119
2.1.3 Espace « contraintes et nécessités » (adapté d'après Lhoste, 2009). 122
2.1.4 Espace de contraintes* « Problème de la mise en place des ophiolites ». (d'après Orange Ravachol, 2012) 123
2.1.5 Espace de contraintes et nécessités (Formation des marnes à Globigérines). (Adapté d'après Orange 2000) 131
2.3.1 Modèle historico-fonctionnaliste « histoire de l'océan alpin » 159

4.1.1 Schéma structural des Alpes (D'après Lemoine *et al.*, 2000, pour synthèse) 239
4.1.2 Carte structurale des Alpes (d'après Gidon, 2018) 241
4.1.3 Série stratigraphique des principaux domaines des Alpes franco-italiennes. (D'après Debelmas, 1970) 245
4.1.4 Colonnes stratigraphiques des unités tectoniques de la zone briançonnaise (couverture carbonatée seule)(d'après la notice de la carte Briançon au 1/50.000ř, sensiblement retouché ; Gidon, 2018) . . . 246
4.1.5 Reconstitution paléogéographique des bordures de l'océan Ligure entre -110 et -45 MA (D'après Nicollet, 2018) 247

4.1.6 Reconstitution paléogéographique de la marge européenne au Jurassique supérieur 248
4.1.7 Ouverture de l'océan alpin (d'après Debelmas, 2004) 249
4.1.8 Ouverture de l'Atlantique et fermeture de l'océan alpin (d'après Fayard et Debelmas, 1999) 250
4.1.9 La subduction alpine 251
4.1.10 Événements tectoniques de l'histoire des Alpes (d'après Agard et Lemoine (2003)). 253
4.2.1 L'aiguille Dibona : une aiguille au cœur d'un massif granitique . . 255
4.2.2 Localisation géographique du massif de l'Oisans 255
4.2.3 Le refuge du Soreiller et l'aiguille Dibona 256
4.2.4 L'amphithéâtre granitique du Soreiller (D'après Gidon (2018)) . . 256
4.2.5 Le médiateur de la situation « Dibona » : Thierry Grand 258
4.2.6 Le médiateur TG devant son public, face au refuge, au pied de la Dibona 259
4.2.7 La subduction hercynienne (D'après Debelmas et Mascle, 1994) . . 261
4.2.8 Carte géologique des environs de St Christophe en Oisans(D'après Gidon, 2018) 262
4.2.9 Le granite du Vallon des Étages (granite monzonitique de la Dibona) (D'après Strzerzynski *et al.*, 2005) 263
4.2.10 Espace fonctionnaliste des contraintes et nécessités « Formation du granite de la Dibona » tel qu'il est construit par les géologues . . 266
4.2.11 La prise en charge des temps dans la reconstitution de l'histoire géologique de l'Aiguille Dibona telle que la reconstituent les géologues 267
4.2.12 Chronotrope fonctionnaliste de la formation du granite de l'Aiguille Dibona 268
4.2.13 Deux événements de la formation du granite de la Dibona 270
4.2.14 Les nécessités historiques des deux événements majeurs à l'origine de la formation du granite de la Dibona 271
4.2.15 Espace de contraintes et de nécessités historico-fonctionnalistes dans le cas de la reconstitution de l'histoire géologique de l'aiguille Dibona 274
4.2.16 Histoire géologique de la Dibona 275
4.2.17 Le vallon du fournel 281
4.2.18 Localisation géographique du vallon du Fournel 282
4.2.19 Localisation de la sortie géologique dans le vallon du Fournel . . . 282
4.2.20 Localisation du parcours suivi lors de la sortie géologique dans le vallon du Fournel 283
4.2.21 Paysage géologique du vallon du Fournel 284

4.2.22 Répartition des arrêts lors de la sortie géologique dans le vallon du Fournel 286
4.2.23 Le médiateur de la situation « Fournel » : Raymond Cirio 287
4.2.24 Carte géologique du vallon de la partie sud-ouest du massif du Pelvoux 289
4.2.25 Légendes de la carte géologique (Gidon 2018). (D'après : Lithothèque Aix-Marseille : http://www.lithotheque.ac-aix-marseille.fr/Affleurements_PACA/05_fournel/carte_geologique_fournel.htm#haut_page) Consulté en décembre 2018. 290
4.2.26 Détail de la boutonnière du Fournel sur la carte géologique 292
4.2.27 Vue d'ensemble simplifiée de la superposition des terrains dans le vallon du Fournel (adapté de P. Plotto,1977) 293
4.2.28 Les terrains déformés du Fournel (d'après Tricart 1980). Interprétation des déformations ayant affectées les terrains nummulitiques du Fournel. 294
4.2.29 Le sous-charriage des Grès du Champsaur sous le Front Pennique, dans le contexte du vallon du Fournel(d'après Lardeau, 1994) . . . 296
4.2.30 La mise en place des nappes internes au niveau de la bordure sud du massif du Pelvoux 297
4.2.31 Espace de contraintes et nécessités dans le cadre du problème de « la formation du calcaire à Nummulites du vallon du Fournel » . . 300
4.2.32 Espace de contraintes et nécessité dans le cadre du problème de la déformation des nummulites et de leur présence dans une roche en altitude 301
4.2.33 Espace de contraintes et nécessités dans le cadre du problème de la formation des schistes à Globigérines du vallon du Fournel . . . 302
4.2.34 Les deux formes de temps mises en œuvre dans le cadre de l'explication de la formation du calcaire à Nummulites du vallon du Fournel 304
4.2.35 Les deux formes de temps mises en œuvre dans le cadre de l'explication de la formation du schiste à Globigérines du vallon du Fournel 305
4.2.36 Schéma synoptique de l'histoire géologique du vallon du Fournel . 308
4.2.37 Deux événements associés à la formation du calcaire à nummulites du vallon du Fournel 309
4.2.38 Nécessités historiques de deux événements associés à la formation du calcaire à nummulites du vallon du Fournel 310

5.1.1 L'interface du logiciel Transana (aperçu général) 317
5.1.2 Aperçu de l'interface « Base de données » de Transana 317
5.1.3 Les séries et épisodes dans Transana 326

5.1.4 Indexation des épisodes de séries 327
5.1.5 La fenêtre de recherche de Transana 327
5.1.6 Les transcriptions des épisodes dans Transana 328
5.1.7 Aperçu général de la fenêtre de transcription de Transana 329
5.2.1 Collections –S– Fournel-RC 331
5.2.2 Collections –S– Dibona-TG 332
5.2.3 Exemple d'affectation de mots-clés aux extraits des collections –S– 332
5.2.4 Encodage des mots-clés de la collection –S– Dibona-TG 334
5.2.5 Encodage des mots-clés de la collection –S– Fournel-RC 335

6.1.1 La mise en œuvre d'un modèle historique comme cadre de la reconstitution historique dans les deux situations étudiées 353
6.2.1 Modes de raisonnement de la situation Dibona-TG (répartition en pourcentage des occurrences) 356
6.2.2 Les modes de raisonnements utilisés dans la situation Fournel-RC (répartition en pourcentage des occurrences) 358
6.2.3 Fréquences relatives du recours aux process vs pattern dans le discours Dibona-TG 362
6.2.4 Fréquences relatives du recours aux process vs pattern dans le discours Fournel-RC 362
6.2.5 Nombre d'occurrences des indicateurs de Contraintes et Nécessités dans la situation Dibona-TG 365
6.2.6 Nombre d'occurrences des indicateurs de Contraintes et Nécessités dans la situation Fournel-RC 365
6.3.1 Les formes du temps dans le discours des médiateurs TG et RC . 369
6.3.2 Fréquence relative des occurrences Tps-Dur et Tps-Inst dans le discours de TG 369
6.3.3 Fréquence relative des occurrences Tps-Dur et Tps-Inst dans le discours de RC 370
6.3.4 Les formes du temps dans le discours du médiateur TG 370
6.3.5 Les formes du temps dans le discours du médiateur RC 370
6.3.6 Fréquence relative des occurrences des formes du temps dans le discours des médiateurs 372

7.1.1 Présentation des arrêts lors de la situation Fournel RC 392
7.2.1 Mise en intrigue et rupture par illégalité dans la situation Dibona-TG405
7.2.2 Espace de contraintes et nécessités pour le problème de l'origine du granite de la Dibona dans le discours de TG 406
7.2.4 Finalisme dans le discours du médiateur TG 413
7.2.5 Le « ballet des continents » dans le discours de TG 417
7.1.2 Occurrences du terme « moment(s) » dans le discours de TG . . . 420

7.1.3 Le modèle « en accéléré » de la formation des grès/flyschs du Champsaur (situation Fournel-RC) 421
7.1.4 Le modèle fonctionnaliste « en accéléré » de l'érosion de la chaine hercynienne, schématisé par TG 421
7.2.3 Le médiateur RC mime la déformation dans les marnes à Globigérines 422

8.1.1 Degré de temporalité dans le discours de médiation scientifique sur le terrain 432
8.2.1 Niveau d'historicité —schéma de référence— 442
8.2.2 Les niveaux d'historicité atteints par les analepses mises en œuvre par TG 443
8.2.3 Analepse et chronotrope 445
8.2.4 Analepse et recherche des nécessité historiques 446
8.2.5 Insertion des phénomènes dans la temporalité : la construction de l'historicité des événements géologiques 447
8.2.6 Articulation nécessité et contingence dans la configuration des événements 449
8.2.7 Schéma simplifié de l'orogenèse hercynienne : figuration de l'analepse 450

.1 Le monde à la fin de l'ère primaire (d'après Wegener 1915) 540
.2 Argument « emboitements des continents »(d'après Dercourt et Paquet, 1994) 541
.3 Arguments « Continuité des structures géologiques » (d'après Pomerol et Renard, 1995) 542
.4 Harry Hammond Hess (1906-1969) 542
.5 L'hypothèse de Hess (1962)(d'après Hess, 1962) 543
.6 Enregistrement des anomalies magnétiques au niveau de la dorsale pacifique (Vine et Matthews, 1963) 544
.7 Carte géologique du fond des océans. (Carte établie à l'aide des anomalies magnétiques et de l'échelle absolue établie par le Lamont). (d'après Allègre, 1983) 544
.8 La Nouvelle Tectonique Globale (d'après Isacks *et al.*, 1968) 545
.9 Les « plaques » de Morgan (1968) 546
.10 Les six plaques de Le Pichon (1968) 546

.1 Organisation chronologique de l'intervention Dibona-TG 652
.1 Organisation en récit encadré dans la situation Dibona-TG 653

.1 Un modèle historique hybride 655

.1 Les deux perspectives narratives dans le processus de mise en récit en situation de médiation scientifique 657

Liste des tableaux

1.1 Un même objet d'étude : deux géologies 40
1.2 Changement et stabilité 52
1.3 Contraintes épistémologiques de mise en œuvre de l'actualisme . . 77
1.4 Sciences fonctionnalistes / Sciences historiques 85

2.1 Dédoublement assertorique / apodictique de la pensée scientifique 119

3.1 Le rapport à la vérité des différents discours de communication scientifique 180
3.2 Les discours de médiation scientifique sensu lato. D'après Charaudeau (2008). 182
3.3 Les contraintes liées au contrat de communication dans le discours médiatique (d'après Charaudeau 2008) 184
3.4 Les effets de l'activité mimétique 221
3.5 Finalités de la mimesis fictionnelle 222

4.1 Légendes de la figure 4.2.16 : Ensemble des nécessités historiques de la reconstitution historique de l'histoire de l'aiguille Dibona. . . 275
4.2 Exploration des possibles grâce à la fiction dans le cadre de la reconstitution de l'histoire géologique du vallon du Fournel 312

5.1 Critères d'analyse de l'axe « Didactique » utilisés dans Transana . 319
5.2 Critères d'analyse de l'axe « récit » utilisés dans Transana 320
5.3 Critères d'analyse de l'axe « fiction » utilisés dans Transana . . . 321
5.4 Critères d'analyse de l'axe « médiation » utilisés dans Transana . 322
5.5 Critères d'analyse de l'axe « index » utilisés dans Transana 323
5.6 Codage des indicateurs d'analyse dans Transana 324
5.7 Les indicateurs d'analyse des collections –S– 337

6.1 Synopsis de l'introduction de la sortie géologique « Fournel RC » (Arrêt A1) 343

6.2 Implications didactiques des axes du plan de la situation « Dibona-TG » 351
6.3 Critères de recherche des formes du temps dans le discours des médiateurs TG et RC et indicateurs associés 368
6.4 Indicateurs de fonctionnalisme et d'antériorité 380

7.1 Des récits indépendants (« An » : « Arrêt numéro n ») 391
7.2 Emboitement spatial des récits 392
7.3 Représentation schématique de l'emboitement spatial des récits dans la situation Fournel RC : Schéma encodé (voir 9.3.3 page 593 pour les légendes des encodages) 393
7.4 Représentation schématique de l'emboitement spatial des récits dans la situation Fournel RC : Schéma titré (Les affleurements ont été placés dans leur position spatiale relative) 394

8.1 Localisation des analepses parmi les événements pivots (Ep) de l'histoire de la Dibona dans le discours du médiateur de terrain . . 438
8.2 Rôle des analepses dans les différentes modalités de mise en récit problématisante 441
8.3 Les analepses mises en œuvre par le médiateur dans la situation Dibona-TG 442

1 Les enregistrements initiaux 535

1 La mise en récit structure la médiation de terrain « Dibona-TG » . 652
2 La mise en récit structure la médiation de terrain 653

Préambule

« La science a été longue à prendre en compte des explications de type historique - et les interprétations formulées jusqu'ici ont souffert de cette omission. Elle a aussi tendu à dénigrer l'histoire lorsqu'elle y a été confrontée, considérant toute invocation de la contingence comme moins élégantes basées directement sur des "lois de la nature" intemporelles »

(Stephen Jay Gould)

Ce préambule est destiné à présenter la dimension personnelle du travail engagé pendant plusieurs années autour de la médiation de la géologie de terrain. Il s'agit ici de mettre en avant les éléments importants de mon parcours personnel qui ont conduit à la rédaction de cette thèse de Doctorat. Il me permet également d'expliciter clairement comment se sont mises en place les situations que j'ai étudiées pendant les six années de ce travail intense, et comment elles ont constituées par la suite le corpus de recherche de cette thèse. Il est aussi pour moi l'occasion de donner quelques aides pour en faciliter la lecture.

Un parcours personnel, entre montagne et épistémologie de la géologie

Cette thèse sur la médiation des Sciences de la Terre est l'aboutissement d'une longue histoire personnelle. Elle est donc une succession de nombreux événements contingents qui se sont succédés « *afin que* » je me trouve à présent à écrire ces lignes. Si je m'autorise ce finalisme, c'est que je me rends compte maintenant du chemin parcouru pendant ces six années. Et je fais le chemin inverse (en me prêtant à l'exercice de rétrodiction de la démarche historique que j'ai étudiée dans cette thèse), à la recherche des divers événements clés qui ont été décisifs dans cette longue histoire.

Je doit remonter ainsi quand à l'anniversaire de mes vingt ans, mes parents m'ont offert l'ouvrage de Stephen Jay Gould, « *Le livre de la Vie* ». Ce beau livre, qui contient une riche iconographie et des textes variés et précis, présentent sous la forme de petites histoires comme sait si bien les raconter Gould, la théorie de l'évolution selon plusieurs perspectives. Le chapitre dans lequel Gould fait une analyse critique de l'iconographie des paysages de l'époque du Crétacé a constitué pour moi une entrée dans les premiers questionnements épistémologiques, dans un ouvrage que je pensais pourtant être un ouvrage de vulgarisation scientifique, mais qui s'avérait être bien plus que cela. Rapidement, je me suis procuré les autres ouvrages importants de Gould (« *La mal-mesure de l'homme*(1986a) » ; « *La vie est belle*(1989) » ; « *La foire aux dinosaures*(1993a) » notamment). Ce premier contact avec les ouvrages de Gould a donc probablement semé les premières graines d'une réflexion sur les sciences historiques (dont fait partie la géologie), qui ont germé plus tard quand j'ai passé le concours de l'agrégation en biologie/géologie.

Mais c'est probablement lors de ma formation d'Accompagnateur en Montagne que se sont posés les premiers questionnements épistémologiques qui m'ont suivis ces dernières années. Lors de cette formation, alors que je prenais vraiment conscience de mon attrait pour la médiation scientifique « *sur le terrain* » telle que la pratique très souvent les Accompagnateurs en Montagne, le besoin s'est fait sentir de pousser plus loin mes connaissances en géologie, et notamment d'en chercher « *l'origine*

profonde ». C'est sans nul doute dans ce contexte qu'est né le thème de ces recherches de thèse. Il s'est construit très progressivement mais il est issu, assez étonnamment, d'un regret. Lors d'une formation spécifique à la géologie pendant mon stage d'accompagnateur en montagne, je me suis trouvé un peu déconcerté par un discours très scientifique, contenant beaucoup de terminologies. Cette formation, qui devait fournir des « *bases de géologie* » à des stagiaires non spécialistes de ce champ disciplinaire, mobilisait des concepts géologiques qui m'ont paru complexes. Très de peu de récit, notamment, en organisait le discours. L'histoire géologique ne parvenait jamais vraiment à s'inviter. Je n'incrimine aucunement le formateur qui était pleinement investi dans cette formation ; mais il m'a semblé que son discours était peu imprégné des préoccupations didactiques que peut soulever la formation d'adultes en géologie dans un tel contexte. Son discours relevait selon moi davantage d'une pratique coutumière et d'une posture, en partie non-consciente, que d'une véritable intention. Il n'en fallait pas moins cependant pour stimuler ma curiosité pour ces questions qui relevaient de l'épistémologie de la géologie et surtout de leur impact sur la diffusion des savoirs dans ces contextes d'« *éducation non-formelle* ».

Un troisième événement a été déterminant dans ce processus qui m'a conduit à ces travaux de thèse. Mon inscription en Master2 IC2A [1]–Recherches, après 15 années d'enseignement des SVT, m'a conduit à me replonger dans ces questionnements épistémologiques sur la géologie dans le contexte des médiations « *sur le terrain* ». Dès lors, quand il s'est agi de trouver un thème pour le mémoire de semestre 2, ces situations de médiation de terrain se sont donc présentées d'elles-mêmes. Mais c'est aussi à n'en pas douter la rencontre avec Éric Triquet et l'équipe du S2HEP, qui travaillent alors sur le récit dans la médiation scientifique, qui a été un élément déterminant de mon engagement dans ce travail. Alors que je cherchais un sujet de mémoire de master2 de Didactique des Sciences, il m'a accueilli dans un cadre de recherches d'une grande richesse et particulièrement attrayant. Les souvenirs de Eric Triquet sur les *« sorties* [2] *géologiques* » de Raymond Cirio (un des deux médiateurs dont j'ai analysé le discours et que je connaissais également pour avoir suivi les mêmes formations de terrain durant mes études [3]) ont été l'occasion pour

1. Master 2 IC2A : Ingénierie de la cognition, de la création et des apprentissages. Section Didactique des sciences. Université Grenoble Alpes. 2013.

2. Ce terme de « *sorties* », s'il n'est pas forcément très pertinent pour décrire ces activités géologiques de terrain reste très utilisé, notamment par les géologues et les enseignants, tout comme la terminologie « sur le terrain ». J'ai donc choisi de conserver son usage dans ce manuscrit. La « sortie géologique "sur le terrain" » correspond donc, dans les situations que nous étudions, de façon générique, à toutes ces activités qui consistent à se rendre sur des affleurements géologiques, le plus souvent le long d'un parcours — à pieds ou en voiture — pour faire de la géologie « de terrain ».

3. Notamment les sorties devenues célèbres pour de nombreux enseignants de SVT, qui se déroulaient au Chenaillet, massif ophiolitique emblématique des Alpes, pris comme exemple pour

nous de mettre en place un embryon de problématique sur le rôle du récit dans les médiations scientifiques « *in situ* ». Travailler sur la médiation de la géologie « *de terrain* » était particulièrement original : je tenais là les éléments de départ d'un travail nouveau et singulier.

Rapidement, me voilà donc parti à « accompagner des accompagnateurs » dans leur médiation sur le terrain pour enregistrer leur discours de médiation. Ces enregistrements ont constitué une partie du corpus analysé dans cette thèse.

Avant de présenter ces situations de médiation scientifique de terrain, il me faut terminer cette partie personnelle, en précisant que ce long travail de thèse, qui s'est poursuivi sur six années, s'est fait alors que je conservais mes activités d'enseignant de Sciences de la Vie et de la Terre à temps plein, en collège puis au lycée. Articuler les deux activités, l'une comme l'autre très prenantes, n'a pas été toujours facile. J'espère que cela ne s'en ressent pas trop dans le présent travail. Il est à noter cependant que j'ai cependant bénéficié d'un congé de formation de cinq mois [4] qui m'a permis d'avancer de façon significative dans la phase de rédaction.

Cette thèse représente aussi, indéniablement, qui je suis : un amoureux de la montagne, passionné de géologie et de son épistémologie.

Des situations de médiation de la géologie pour reconstituer les événements le long d'un parcours « sur le terrain »

Les caractéristiques de ces situations que j'ai donc décidé d'étudier m'étaient familières depuis longtemps puisqu'elles se sont présentées à plusieurs reprises dans mon parcours d'étudiant en Sciences de la Nature et de la Vie à l'Université de Grenoble [5] puis de Lyon [6]. Or la mise en place de ce type de situations dans le cadre de l'accueil, par des Accompagnateurs en Montagne de publics variés (scolaires, étudiants, touristes, retraités à l'université [7], enseignants en formation...) s'avérait très peu différente de celles du cadre scolaire ou de la formation d'étudiants. Mes impressions de départ étaient donc que ce discours variait peu, comme si la géologie « *se disait* » selon un modèle canonique stable d'une situation à l'autre. Les recherches qui sont présentées dans cette thèse ont montré que je voyais juste,

raconter l'histoire géologique de l'océan alpin.

4. De septembre 2018 à février 2019.

5. Université Grenoble Alpes (UGA) — à l'époque Université Joseph Fourrier (UJF) — au sein de laquelle j'ai suivi mes enseignements de Licence et Maîtrise, ainsi que la préaration aux concours de l'éducation nationale.

6. Préparation au concours de l'Agrégation à l'Ecole Normale Supérieure ENS-Lyon.

7. Par exemple l'UIAD : Université Inter-Age du Dauphiné. C'est une structure qui accueille des retraités, inscrits à l'université, pour suivre des cours, par exemple de géologie, et notamment « sur le terrain ». Un des intervenants en géologie est Thierry Grand, que j'ai enregistré our constituer une partie du corpus de cette thèse. Son discours, et celui de Raymond Cirio, seront très longuement analysés dans cette thèse.

mais les choses sont apparues en fin de compte bien plus complexes. Quelles sont précisément ces situations de médiation de terrain ?

L'image 0.1 est représentative selon moi de ces situations. Un médiateur, qui fait face à son public, prononce un discours dont le thème porte sur les objets géologiques présents sur les lieux. Il appuie son propos sur des schémas qu'il réalise sur un panneau (ici un bout de carton). Il utilise également divers accessoires lui permettant d'explorer l'affleurement : boussole, loupe, acide pour tester la présence de calcaire, cartes géologiques et autres documents de référence... Le public fait assez naturellement face au médiateur mais c'est plus souvent vers l'affleurement que les regards convergent ; cet affleurement constitue en effet l'« *interface de contact* » entre le public et les objets géologiques recherchés lors de l'« *activité de géologie de terrain* ». Selon le contexte (scolaire, universitaire, loisir, formation d'adultes...), le public se contente d'écouter, mais certains participants prennent des notes, certains enregistrent au Dictaphone. Souvent ces derniers se penchent sur l'affleurement pour y explorer les éléments géologiques qu'évoque le médiateur.

FIGURE 0.1 – Une situation de médiation de la géologie de terrain

De telles activités de géologie de terrain s'organisent en général autour de la « *visite* » de plusieurs affleurements le long d'un parcours qui se fait à pieds ou en véhicule. Chaque arrêt est ainsi l'objet d'un « *épisode* » du discours qui se construit progressivement.

L'idée que ces situations ont des points communs, des « *invariants* », constituait selon moi une hypothèse de recherche intéressante. C'est de cette idée de départ que sont nés les premiers questionnements de cette thèse : comment les médiateurs adaptent-ils leur discours de terrain à la diversité des publics accueillis ? Mais comment prennent-ils en charge les contraintes liées aux savoirs géologiques mobilisés ?

Il a fallu pour cela circonscrire un cadre — théorique et méthodologique — qui s'est rapidement avéré très volumineux.

Un choix important a du se faire alors quand il a fallu déterminer les situations précises que je souhaitais étudier. En tant qu'enseignant de SVT (mais également en tant qu'accompagnateur en montagne) je pouvais me retrouver moi-même dans cette position de médiateur de terrain. J'ai donc fait le choix de privilégier l'étude de la *dimension non-formelle de ces situations d'éducation « sur le terrain »*. Ce choix explique que je me sois fortement penché sur les aspects de médiation des « *sorties géologiques sur le terrain* ». Mais j'ai également choisi d'engager des questionnements très fortement ancrés dans l'*épistémologie* de la géologie. C'est là un autre point qui rend ce travail singulier : il envisage d'articuler des cadres théoriques qui jusqu'à ce jour se sont peu côtoyés [8]. Il s'agissait pour moi notamment de construire une problématique qui ne s'en tienne pas seulement à des questionnements sur les seules procédures de mise en discours. Je voulais trouver dans la mise en œuvre de ces discours de médiation de terrain, des fondements épistémologiques et didactiques, en allant chercher au-delà de la seule dimension pratique de la mise en œuvre d'une pédagogie de la médiation de terrain.

Du fait de leur volume important, ces trois cadres — épistémologique, didactique et médiatique — n'ont pas pu être parfaitement circonscrits. J'ai notamment emprunté des outils théoriques à la linguistique sans être moi-même linguiste. De ce point de vue, je pourrais dire que « *j'ai fait de mon mieux* » pour travailler avec rigueur, sans être vraiment certain d'y être parvenu. Je demande donc l'indulgence de ceux qui reconnaitront dans mon travail des erreurs de non-spécialiste. Néanmoins, j'ai fait preuve d'une ambition authentique d'engager une analyse approfondie de ces situations de médiation scientifiques.

J'ai donc procédé à de nombreux enregistrements audio et vidéo (six médiateurs au total), mais qui s'avèrent en fin de compte trop nombreux pour être tous traités de façon approfondie dans les présentes recherches [9].

8. Je dois cependant citer le travail de thèse de Lacoste (2001) sur les apprentissages de la géologie sur le terrain qui constitue une des seules analyses de la didactique de la géologie dans sa dimension spécifiquement « de terrain ». Je dois également citer les travaux de Cayla *et al.* (2010) qui représentent de façon assez caractéristique les recherches qui sont menées activement sur la pédagogie de la médiation scientifique. Enfin, de nombreux travaux de recherche sur la pédagogie de la médiation de terrain sont menés en Suisse (Kramar, 2012). Je me suis appuyé sur certains d'entre eux (Perret, 2014), notamment ceux développés dans le cadre du Geopark du Chablais — labélisé UNSECO — (dont les médiations sont portées par des universitaires genevois et des Accompagnateurs en Montagne formés par ces mêmes universitaires).

9. Ce corpus reste néanmoins en attente. Il pourra être traité par mise en œuvre des outils méthodologiques mis en place dans cette thèse (j'ai d'ailleurs commencé à analyser de nouvelles parties de corpus dans l'objectif d'articles futurs).

La mise en place du corpus de recherche

Des enregistrements « in situ »

Il me faut donc maintenant donner quelques précisions sur les modalités de ces enregistrements, les critères de sélection ainsi que les traitements utilisés pour procéder à mes analyses. Les *enregistrements* se sont organisés autour de la constitution d'un corpus pour une *analyse qualitative*, autrement dit comme une « *étude de cas* ». Pour cela j'ai rencontré six médiateurs différents, que j'ai d'enregistrés au cours de 11 séances au total « *sur le terrain* ». Ces enregistrements sont présentés dans le tableau 1 page 535.

Les situations enregistrées ont été choisies selon plusieurs critères : diversité des profils des médiateurs, variété du public, situation de médiation vs enseignement, diversité des thématiques... Ce corpus a également été constitué en réponse à un *cadrage pré-établi* : il s'agissait pour moi de mettre en questionnement des situations qui s'articulent autour de la *médiation scientifique,* à destination d'un *public amateur/non spécialiste*, et une mise en œuvre « *sur le terrain* ».

Les enregistrements *videos* ont été réalisés à l'aide d'une caméra branchée sur micro-HF. L'analyse de l'image n'était pas un objectif de mes recherches mais ces vidéos ont permis d'analyser certains éléments « *hors texte* » que ne me permettait pas la seule analyse du discours verbal (gestuelle, posture, contexte...). Je n'ai utilisé qu'un seul micro-HF pour deux raisons importantes. La première est que dès le début de mes recherches, je me suis focalisé sur la *production* du discours de médiation, en écartant sciemment sa *réception.* Je m'en explique longuement dans cette thèse en partie « méthodologie ». L'autre raison est matérielle. Elle tient au fait que dans ces situations de terrain, équiper les personnes du public de micro-HF était complexe : nombre de participants, pas de possibilité d'utiliser de micro d'ambiance, conditions météos aléatoires, topologie de l'endroit compliquée... La combinaison de ces contraintes m'a donc conduit à focaliser mon approche sur la seule *production du discours* par le médiateur, sans écarter l'analyse d'éventuelles interactions qui seraient exploitables ponctuellement. En conséquence de cela, j'ai conscience qu'un tel choix suppose de remettre à plus tard un travail de recherche approfondi de la *réception du discours de médiation* dans le contexte particulier du terrain.

Les enregistrements *audio* quant à eux ont été réalisés grâce à un Dictaphone branché sur micro-cravate (Situations « Sixt », « Tannes et glacières » et « Tamié »). Ces enregistrements ne sont pas exploitables en totalité du fait de conditions d'enregistrement parfois délicates (vents, bruit). Un tableau, présentant l'ensemble de ces enregistrements, se trouve en annexe 9.3.3 page 533.

La sélection du corpus

Tous les enregistrements n'ont pas été conservés pour faire partie du corpus de la présente recherche. J'ai choisi de ne travailler que sur les deux situations *Fournel-RC*[10] et *Dibona-TG*[11] pour plusieurs raisons.

Tout d'abord, mon choix s'explique par le fait que les deux médiateurs intervenant dans ces situations jouissent d'une *réputation* certaine dans cette région, ce qui en fait des acteurs incontournables de la médiation de la géologie de terrain dans les Alpes. L'ouverture de leur association au niveau national témoigne de la dynamique qui anime les activités, qui sont pour la plupart organisées « *sur le terrain* », mais pas seulement[12]. Ces deux médiateurs sont également fortement impliqués dans la *formation* à la géologie des jeunes adultes, Accompagnateurs en Montagne, enseignants de SVT, adultes inscrits à l'UIAD[13], et de ce point de vue, ils se partagent une clientèle dont les profils sont relativement similaires. Leur *parcours personnel* est également un élément important dans mon choix de les enregistrer. L'un, Thierry Grand[14], a plutôt un profil de *scientifique* qui s'est ouvert à la médiation du fait de son engagement dans l'accompagnement en montagne. L'autre, Raymond Cirio[15] présente un profil d'enseignant, converti à la médiation[16]. Sans chercher systématiquement à les comparer, il m'a paru pertinent d'analyser leur intervention au regard de ces cursus différents.

D'autre part, la *proximité géographique* de ces deux situations constituait pour moi un élément important. Le cadre géologique des Alpes est celui de la zone Sud du massif du Pelvoux. Les événements géologiques s'étant produits dans cette région sont à associer à des phénomènes relativement localisés, qui impliquent le socle et sa couverture sédimentaire. Les deux situations Fournel et Dibona, même si elles représentent deux situations rigoureusement différentes, sont deux histoires géologiques insérées dans un même cadre géologique historique.

Enfin, les deux situations ont sensiblement la même durée (environ deux heures), ce qui impose selon moi des contraintes de médiation relativement proches (des interventions sur toute une journée ou une demi journée comme j'en ai enregistrées présentent en effet des formes de mise en scène du discours qui sont assez différentes).

Les enregistrements de ces deux situations ont été ensuite retranscrits et traités

10. Situation « *Histoire géologique du vallon du Fournel* » — Raymond Cirio
11. Situation « *Histoire géologique de l'aiguille Dibona* » — Thierry Grand
12. Le CBGA (Centre Briançonnais de Géologie Alpine) accueille par exemple des scolaires dans des locaux permettant de faire des cours, des travaux pratiques, de visionner des vidéos, de visiter le musée de la géologie (Maison de la Géologie et du Géoparc des Alpes Cotiennes)...
13. Université Inter-Age du Dauphiné
14. Abrégé plus loin dans ces lignes par TG
15. Abrégé plus loin dans ces lignes par RC
16. C'est un enseignant référent à l'échelon national en ce qui concerne l'enseignement des SVT, et notamment de la géologie. Il a été impliqué dans la commission des programmes de SVT.

par un logiciel de traitement vidéo[17]. Je m'explique longuement sur ce traitement en partie méthodologique (voir 5 page 315).

Aides de lecture de la thèse

Même si la construction de cette thèse suit un plan relativement habituel, il m'a semblé nécessaire de donner au lecteur quelques pistes de lecture afin qu'il en comprenne facilement l'organisation.

Le texte de la thèse se construit autour de trois parties centrales : le *Cadre Théorique*, l'*Étude de Cas* et la partie *Discussions*. Chaque partie contient plusieurs chapitres numérotés (neuf chapitres au total). Le corps du texte est rédigé en police CMU-serif. Les termes mis en évidence sont *en italique*. Les citations d'auteurs dans la partie « cadre théorique » sont « *en italique entre guillemets* ». Un index des auteurs anciens et des auteurs récents[18] permettra au lecteur de se retrouver facilement dans les diverses citations et références. La partie « Étude de Cas » présente des extraits de *verbatim* (eux-mêmes présentés dans leur intégralité en 9.3.3 page 531). Ces extraits/citations sont présentés dans des blocs spécifiques, utilisant une police en « chasse fixe » :

```
« ceci est une citation de médiateur » (code de la
   citation : initiales du médiateur + place numérotée
   dans le verbatim)
```

Chaque citation possède un code qui renvoie à sa numérotation dans le *verbatim* placé en annexe (9.3.3 page 531).

Les diverses figures qui jalonnent le texte ont été placées dans la mesure du possible à proximité de leur envoi de référence. Les plus volumineuses sont parfois renvoyées, pour des contraintes d'organisation du texte, en fin de paragraphe, voire même en fin de chapitre lorsqu'il était impossible de faire autrement. Le lecteur aura donc à se déplacer dans le texte pour trouver ces illustrations (pour faciliter ces déplacements, chacune de ces illustrations est numérotée et la page de son renvoi est précisée).

17. Logiciel Transana, dont j'explique les caractéristiques en partie « *Méthodologie* » (5 page 315)

18. Nous avons — tout à fait arbitrairement — défini une date limite séparant le monde des auteurs anciens de celui des auteurs récents, sans que cela n'aie une quelconque signification dans notre propos : cette date est symboliquement celle de l'année 1912 lors de laquelle Wegener propose sa théorie de la dérive des continents qui initie les premiers soubresauts d'un changement de paradigme dans la géologie. Avant cette date, nous considérons les auteurs comme anciens pour la seule raison qu'ils ont vécu avant 1912. Les auteurs ayant vécu au-delà de l'année 1912 sont considérés comme auteurs récents. Que ces auteurs me pardonnent ce choix absolument arbitraire.

Dans sa version numérique, ce texte est « *cliquable* » : les auteurs cités, les notes de bas de page, les envois de référence (pour les images, tableaux et annexes) ainsi que les entrées d'index sont des liens actifs.

Enfin, la part trop volumineuse du corpus qui n'a pas pu être incorporée à ce manuscrit, a été placé en version numérisée dans un dossier partagé à l'adresse suivante :

`https://www.dropbox.com/sh/q9klvy6pkou6qwz/AADpqGDa9UrQdPMH3oZR1V9Da?dl=0`

Ce dossier contient également quelques données brutes (enregistrements videos, extraits de traitement des mots clés par Transana) afin que le lecteur puisse se faire une idée plus précise des situations étudiées dans cette thèse.

INTRODUCTION

« Le récit est le gardien du temps »

(Paul Ricœur)

Les travaux de recherche que nous présentons dans cette thèse portent sur l'étude des modalités de mise en récit dans les situations de médiation de la géologie de terrain. Notre approche se veut centrée sur les aspects épistémologiques et didactiques du recours à la narration qui sont mis en œuvre dans le discours des médiateurs scientifiques face à leur public. Ces recherches se construisent sur une étude de cas qui porte son attention sur deux situations de médiation de terrain. La problématique s'est construite à partir d'un cadre théorique qui s'articule en trois parties.

Le premier chapitre est une analyse épistémologique de la géologie de terrain. Elle met en évidence les trois éléments importants de notre questionnement en cours de construction : la question du réel, la question du temps, et l'articulation entre loi et histoire qui se jouent dans les situations de médiation de la géologie de terrain. Une telle approche nous permettra de formuler un premier niveau de questionnement de notre problématique en montrant que les modes de raisonnement en géologie dépendent d'une confrontation entre fonctionnalisme et historicisme, ou pour le dire autrement, une confrontation entre loi et histoire.

Le deuxième chapitre est centré sur l'analyse de la dimension didactique des situations. Nous focalisons dès lors notre attention sur les modalités de mise en œuvre des savoirs géologiques dans les explications. L'enjeu pour le médiateur de terrain est en effet de se faire comprendre : son objectif est donc de partager des savoirs au travers d'un discours qu'il met en scène « *in situ* ». Nous montrons que ce discours se confronte à trois contraintes, qui constituent les trois axes de questionnements de notre problématique : construire l'actuel pour construire le réel de terrain, construire les temps géologiques, mettre en œuvre une démarche historique.

Dans un dernier chapitre de cadre théorique, nous présentons les enjeux médiatiques liées à nos situations d'étude. Il s'agit pour nous de comprendre les contraintes qui s'imposent au médiateur dans le cadre de la mise en œuvre d'un discours « *sur le terrain* ». Nous nous questionnons ainsi sur l'usage qui peut être fait du récit dans la mise en œuvre des savoirs géologiques dans de telles situations. Pour cela nous avons eu besoin de définir plus précisément le contexte de mise en place de cette forme particulière de communication scientifique. Nous questionnons également le récit afin d'en comprendre les fonctions dans l'apprentissage des savoirs scientifiques. Dans une partie spécifique nous détaillons les éléments structuraux du récit ainsi que les procédés de mise en intrigue. Nous terminons cette partie en évoquant l'articulation problématique de la fiction et de l'histoire dans les reconstitutions des évènements du passé.

Un tel cadre théorique nous a permis ensuite de formuler notre problématique. Notre objectif a dès lors été de mettre en évidence les modalités de la mise en récit dans les situations de médiation de la géologie sur le terrain. Nous souhaitons

notamment montrer que le récit répond non seulement aux enjeux médiatiques de la situation (captiver un public), mais également, et surtout, aux enjeux épistémologiques et didactiques de la géologie de terrain : reconstituer une histoire géologique selon une démarche historique rationnelle.

Nous avons avancé l'hypothèse que le récit constitue un processus qui fait lien entre un univers de virtualités (les concepts de la géologie), relativement inaccessibles pour le simple amateur de géologie, et un univers matériel, représenté « *a priori* » par le terrain et communément assimilé au « réel ». Le récit serait donc le processus narratif qui met en place un non-actuel géologique, un virtuel de terrain, dans un contexte où la matérialité du terrain semble s'imposer comme forme prépondérante de réel. A cet empirisme naïf, le récit opposerait une rationalité construite sur une forme de causalité que nous avons définie comme causalité narrative évoluée et qui porte la démarche historique.

Pour valider ces hypothèses, nous avons mis en place un cadre méthodologique que nous présentons dans une deuxième partie. Après avoir présenté dans le détail le cadre scientifique général de la tectonique des plaques dans lequel se mettent en place les situations de médiation de la géologie de terrain, nous avons procédé à des analyses a priori de chacune des deux situations. Le chapitre 5 détaille les critères et indicateurs que nous avons utilisés afin de « *détecter* » dans le discours les diverses modalités de construction du discours et surtout les formes de mise en récit. Nous avons également précisé comment les résultats ont été produits. Le chapitre 6 présente nos résultats engagés dans un premier niveau d'analyse. Nous mettons ainsi en évidence que les mises en récit, même si elles sont présentes dans la structuration du discours, sont très discrètes dans les médiations étudiées. Nous montrons également que le fonctionnalisme, qui prédomine dans les modes de raisonnement scientifique mis en œuvre, se met en place au détriment d'une démarche historique exigeante, qui reconstitue avant tout une histoire géologique et non pas seulement des phénomènes qui en expliquent l'origine. Enfin, une conclusion importante que nous permettent de formuler nos résultats est la difficile prise en charge des temps géologiques par les médiateurs.

Ces trois axes d'analyse nous ont conduit à envisager une discussion sur les difficultés rencontrées dans la mise en œuvre du récit dans les médiations de terrain étudiées. C'est l'objet de la partie suivante, qui rassemble trois chapitres de discussion.

En premier lieu, nous discutons des fonctions de structuration de l'histoire géologique par le récit. Nous montrons notamment que les emboitements de récits sont largement utilisés pour organiser les événements entre eux. Nous mettons également en évidence le rôle du récit dans la construction d'un cadre évolutif dans lequel les événements s'accomplissent. Le chapitre suivant nous permet d'aborder un des aspects fondamentaux de la mise en récit dans les situations de médiation de

terrain : la causalité narrative. Nous montrons effectivement que par des analepses le médiateur tente de procéder à des rétrodictions de l'histoire géologique, mais que cela ne permet que difficilement la mise en œuvre de la démarche historique nécessaire à la reconstitution rationnelle des événements géologiques du passé. Enfin, dans un dernier chapitre de discussion, nous explorons la construction des possibles explicatifs qui sont en jeu dans le cadre particulier des reconstitutions historiques. Nous montrons que la fiction joue un rôle central dans l'immersion du public dans un univers de virtualités géologiques. Nos mettons aussi en évidence en quoi ces univers de virtualités sont des univers « contrôlés ». Nous terminons cette discussion sur l'analyse du rôle joué par la mimesis fictionnelle dans la prise en charge du non-actuel de terrain.

CADRE THÉORIQUE

« L'imagination trouve plus de réalité à ce qui se cache qu'à ce qui se montre »

(Gaston Bachelard)

INTRODUCTION

Le cadre théorique que nous mettons en place ici s'articule autour de trois chapitres qui renvoient aux trois niveaux de questionnements qui constituent notre problématique.

Tout d'abord, il s'agit pour nous de comprendre les enjeux épistémologiques que recouvre le travail du géologue de terrain. Cela nous amène ainsi à expliciter d'une part le rôle important que joue l'articulation *actuel/non-actuel* dans la construction du *réel* de la géologie et d'autre part les implications fortes du *temps* dans l'organisation spatio-temporelle des objets géologiques de terrain.

Ensuite, nous focalisons notre attention sur l'usage des savoirs géologiques dans le contexte des *apprentissages* « sur le terrain ». Nous montrons le besoin de construire un *registre empirique partagé* au travers de la mobilisation de l'univers de virtualités que représente le non-actuel géologique. Nous mettons en évidence sa mise en œuvre dans le cadre de la *problématisation* et nous insistons sur la dimension *temporelle* que doit prendre une telle problématisation dans les situations de terrain. De cette approche ressortent les premiers éléments de notre hypothèse d'une *démarche historique* associant la *rationalité* des *explications fonctionnalistes* à *l'apodicticité* des *explications historiques*.

Mais c'est en appui sur notre troisième niveau de questionnement que notre hypothèse prend véritablement forme. En effet, nous souhaitons montrer que c'est *par le récit* que la démarche historique se met en place au sein de la médiation. Il est donc nécessaire ici de définir plus précisément les formes que prend cette médiation de la géologie quand elle est mise en œuvre « sur le terrain ». Cela nous conduira à préciser comment, dans le discours, est prise en charge *la mise en récit*. Cette mise en récit sera ensuite analysée d'un point de vue structural et nous présenterons les choix théoriques que nous avons fait pour *définir précisément ce qu'est un récit*. Nous conclurons ce chapitre en nous interrogeant sur les rapports particuliers que développe la *fiction* avec *l'histoire*.

C'est en appui sur ce cadre théorique que nous mettrons en place ensuite la méthodologie qui nous permettra de procéder à notre étude de cas.

Chapitre 1

RECONSTITUER UNE HISTOIRE DES OBJETS GÉOLOGIQUES : UNE GÉOLOGIE DE TERRAIN ?

Nous proposons ici d'analyser dans cette première partie, les enjeux épistémologiques liés aux situations de médiation de la géologie de terrain que nous étudions. Trois axes majeurs organisent nos recherches : le fait que ces situations soient mises en œuvre dans un contexte de prise de contact avec un « réel de terrain » (par opposition à un « réel de laboratoire ») impose que nous nous questionnions sur la place que prend ce réel dans la géologie de terrain. C'est ce que nous traitons dans cette première section où se pose « *la question du réel* ». Nous montrons que ce réel se compose principalement autour de *virtualités scientifiques* en confrontation avec un « *actuel* » que nous prenons le temps de définir avec précision. Mais un tel questionnement va nous conduire vers un autre, qui lui est directement lié : celui du *temps*. Quelle place occupe le *temps* dans la construction des savoirs de la géologie ? Nous avons ainsi l'occasion de montrer les difficultés de *perception du temps* auxquelles font face les géologues et surtout les réponses qu'ils peuvent apporter en *construisant* les *temps géologiques*. La diversité des formes de temps est au cœur de nos préoccupations dans cette analyse de la construction des formes de temporalité en géologie. Nous terminons cette étude épistémologique par une approche plus synthétique qui tente de comprendre en quoi la géologie se construit entre un univers de lois (que nous avons défini par *pôle fonctionnaliste*) et un cadre historique (que nous avons défini par pôle historique).

1.1 LA GÉOLOGIE DE TERRAIN ET LA QUESTION DU RÉEL

Le fait que les situations de médiation que nous étudions se déroulent dans un « environnement naturel » nous oblige à envisager la question du « réel » tel qu'il se présente dans la nature par opposition aux autres contextes. En quoi un environnement naturel constitue-t-il une forme de réalité spécifique ? Cette question se pose d'autant plus que le travail des géologues est souvent organisé autour d'activités « *sur le terrain* » et peut représenter une grande part de leurs recherches. La géologie développe donc des rapports particuliers avec ce que nous avons défini comme un « *réel de terrain* ». Afin de mettre en évidence ce contact particulier avec le réel que présente la géologie, nous avons articulé notre analyse en trois axes. Dans un premier axe nous évoquons la problématique de la *perception du réel* de la science, que nous positionnons résolument dans une approche constructiviste. Ensuite, nous redéfinissons le cadre problématique du réel de la science en la déplaçant vers celui, plus pertinent d'*actuel* et de *non-actuel*. Enfin, cela nous permettra d'aborder la question du *réel* telle qu'elle se pose en général en *géologie*.

1.1.1 La problématique de la perception du réel

Le sens commun attribue à l'expérience vécue une importance démesurée quant à sa capacité à appréhender le réel. La perception sensible de *« ce qui est »* est considérée comme un processus fiable pour déterminer le réel, autant dans ses contours, son apparence, que dans son « essence ». Et parmi les différentes approches sensibles qui permettent d'appréhender ce réel commun, le sens de la vision fait preuve d'une écrasante supériorité sur les autres sens. *Il suffit de voir pour croire* !

1.1.1.1 Réel perçu/réel construit

Pour aborder cette question du réel, nous nous plaçons résolument dans une approche *constructiviste* (Piaget, 1986 ; Dupin et Johsua, 1993, p. 93) qui constitue un cadre théorique général de la didactique des sciences que nous mobilisons dans nos recherches. Cela signifie que nous considérons fondamentalement le réel comme une *construction de la pensée* et non comme une perception. Ce constructivisme piagetien, considéré, du point du vue du langage, comme une troisième voie entre *nativisme* (Innéité du langage de Chomsky, 1968) et *empirisme* (premières formulations par Saint Augustin [1]), est considéré ici dans sa dimension

1. Dans ce contexte, l'empirisme de St Augustin porte sur l'acquisition du langage, qu'il considère comme issu d'un apprentissage qui se fait uniquement par imitation (Lestage, 2009)

autorégulatrice des constructions cognitives : l'autorégulation est un mécanisme d'adaptation des constructions cognitives du sujet à la conquête de tout son univers (Lestage, 2009, p. 15).

Le sens commun pose trop rapidement qu'il suffit de voir pour savoir. D'un point de vue épistémologique, nous considérons que les approches empiristes [2] et positivistes [3], qui ont tendance à imprégner les savoirs de sens commun, sont particulièrement mobilisées dans les situations définies comme « *en contact direct avec le réel* » que nous étudions. Ces approches sont à considérer comme de véritables *obstacles* à l'approche de terrain que nous comptons défendre ici. Nous considèrerons que le réel se met en place au travers de tout un ensemble de « *théories* a priori » qui en constituent les *représentations*. Ces représentations que nous nous faisons du monde ne sont pas de simples images. Elles en sont des *interprétations*, influencées par la mémoire, la sensibilité, l'affect. Mais également découle de cela que :

> « *Toute connaissance, y compris nos observations, est imprégnée de théorie* » (Popper, 1991, (18.) p. 133).

De ce point de vue, nous inscrivons nos travaux de recherche dans une approche résolument rationaliste du savoir scientifique (Bachelard, 1949 ; Popper, 1991).

La perception du réel est donc à considérer comme une construction mentale, influencée par nos représentations antérieures du monde. Avant toute observation, il y a une théorie qui guide l'activité perceptive et la construction des images du monde. Dans le cas des situations de terrain qui nous intéressent, la soi-disante « *observation directe* » du réel ne peut donc pas être considérée comme une activité donnant accès aux objets du monde. Il est donc nécessaire de construire notre questionnement sur les représentations pré-existantes à toute observation de terrain.

Ainsi nous devons préciser comment, par la verbalisation, il est possible de passer

2. Nous pourrions considérer l'empirisme comme une forme de *primat des faits sur la théorie* ; l'empirisme se caractérise principalement par sa confiance absolue dans les faits empiriques, et dans sa défiance des approches métaphysiques (Deleule in Lecourt, 2006, p. 400). L'usage des sens est ainsi considéré comme le seul véritable processus scientifique qui donne accès à la connaissance, la théorie n'en étant que le résultat ou l'expression clairement construite.

3. Le positivisme tel que le conçoit Auguste Comte, qui en a défini la forme « scientifique », consiste en une recherche spéculative des causes, stimulant ainsi « *le premier essor contemplatif* » (Lecourt, 2006, p. 870) afin de constituer des lois de la nature. En écartant la question du pourquoi, l'esprit devient « *positif* ». Le terme tend ainsi s'opposer au « négatif », car « *la vraie philosophie moderne est destinée, par sa nature, non à détruire mais à organiser* » (Lecourt, 2006, p. 871). Par la pensée positive, il s'agit de s'écarter de toute approche métaphysique ou de toute autre approche que celle qui consiste à relier les faits réels avec les lois de la nature. « *Seuls les faits d'expérience et leurs relations peuvent être objets de connaissance certaine* » (CNRTL, http://www.cnrtl.fr/definition/positivisme ; consulté en septembre 2018). Le positivisme n'en est pas pour autant un empirisme : il « *n'explique nullement en effet la genèse de la connaissance à partir des données des sens* » (Lecourt, 2006, p. 871).

de l'observation à la description des objets du monde.

1.1.1.2 Observer et décrire le réel : les limites de l'approche phénoménologique

Nous cherchons ici à préciser en quoi la verbalisation de l'activité de perception du réel permet une première approche du réel par la mise en œuvre d'une activité descriptive qui, nous l'expliquons, relève de la phénoménologie. Nous présentons en quoi cette phénoménologie atteint ses limites dans le cas des sciences empiriques et nous considérons une forme plus pertinente de phénoménologie, qui entre en cohérence avec la rationalité bachelardienne des énoncés scientifiques. Cette « *phénoménotechnique* » bachelardienne suppose que l'activité descriptive ne soit pas issue d'une simple perception mais d'une véritable activité de vérification du réel. Nos positionnements dans cette phénoménotechnique nous conduisent enfin à définir quelques apports de la psychologie de Bruner (1996) à notre questionnement sur la perception du réel.

L'activité descriptive comme première approche du réel

Nous situons nos recherches dans une perspective résolument *constructiviste*, mais nous nous questionnons déjà à ce stade de notre travail sur l'approche *phénoménologique* (Lecourt, 2006, p. 854) qui est susceptible d'être mise en œuvre dans les situations de « *confrontation directe avec le réel* » que nous avons définies en premier approximation des situations de terrain que nous étudions. Dans une telle approche, nous serions amenés à considérer que le « *réel* » des objets du monde n'existe qu'au travers de l'expérience vécue par le sujet qui en observe l'« *apparaitre* » (Lecourt, 2006, p. 854). En effet, selon Husserl (Husserl, 1985), qui en a développé la thématique, un observateur ne peut se faire une idée d'un réel « *en soi* » ; il peut tout au plus se faire une idée d'un réel qui n'existe qu'au travers d'une « *sphère d'apparaitre* » (Lecourt, 2006, p. 855). La phénoménologie est donc à considérer comme l'*activité descriptive qui permet d'appréhender le réel tel qu'il nous apparaît*. Le *phénomène* représente alors l'ensemble des descriptions que la pensée peut mettre en place dans son rapport à l'objet et à son existence. Par phénomène, est désigné également ce qui s'oppose au *noumène*, l'« *objet en soi* ». Si nous considérons effectivement que l'activité de perception donne accès au *phénomène*, nous nous fixons comme hypothèse de travail que c'est l'*activité rationnelle de la pensée* qui conduit *« à une réalisation effective du noumène »* (Bachelard, 1934, p. 17).

Il nous parait cependant interessant pour nos recherches d'évoquer deux formes de la phénoménologie qui conduisent selon nous à une rationalité dans les sciences empiriques : l'une, non-husserlienne, que nous empruntons à Bachelard (1953) dans

son approche d'une *phénoménologie de l'imagination créatrice* (Wunenburger, 2012) [4] qui nourrit son matérialisme rationnel de la science moderne ; l'autre qui nous vient de Ricœur (1983) qui a beaucoup travaillé sur la phénoménologie de Husserl. Le recours à ces deux auteurs, même s'ils diffèrent de part leur approche de la phénoménologie, nous permettra de questionner nos situations dans leur double objectif de *description du monde géologique* et de *reconstitution historique*. Nous voyons que se profilent déjà deux axes importants de nos recherches : l'un concerne la *description de paysages géologiques*, qui nous conduit à mobiliser la phénoménologie comme mode de « perception » du réel ; l'autre concerne l'« histoire géologique », qui suppose que l'on considère ce paysage comme le résultat d'une histoire, ayant des roches et des fossiles comme acteurs principaux, engagés dans des événements, dans des « *péripéties* », que l'on tente d'ordonner chronologiquement et causalement.

La double articulation *perception du réel/reconstitution historique* nous conduit dès à présent à convoquer un auteur clef de nos recherches, Bruner dans la mesure où il a travaillé non seulement sur la psychologie des apprentissages (Théorie de la perception) mais également sur le récit, dont nous aurons l'occasion de longuement reparlé dans les pages qui suivent.

La géologie, dans ses « prémices », s'est constituée sur des formes de réel qui avaient peu à voir avec l'univers matériel. À ses débuts, la géologie s'affranchissait de la réalité des objets dont elle essayait de reconstituer l'histoire. L'imaginaire et le mystique se côtoyaient dans des formes de narration du passé qui se construisaient difficilement à partir de faits réels. Mais nous pouvons dès lors nous poser la question du statut des objets actuel de la géologie moderne : qu'ont-ils de réel ? et le sont-ils davantage que ceux qui constituaient les premiers objets d'études de la géologie ? Quelle réalité différente donne-t-on aux objets actuels de la géologie ?

La question qui se pose est donc celle de l'« *actualité* » du réel. Elle se pose donc comme un point central de notre étude. Dans la mesure où nous cherchons à montrer les spécificités des situations « *de terrain* » qui mobilisent a priori une forme de réel particulière, que le sens commun a l'habitude de considérer comme une « *évidence matérielle* », « *naturelle* » et « *authentique* », nous allons être amenés à questionner cette dimension de l'espace-temps qu'est la *réalité matériel des objets géologiques de terrain*. Il s'agit de se poser ici la question : en quoi les objets de géologie sont-ils réels ? Qu'est-ce qui constitue la *réalité* des objets de la géologie ? Nous montrerons que pour répondre à cette question, la « *réalité* » doit être explorée non seulement dans sa dimension matériel (et donc aussi : spatiale)

4. Le statut de « non-phénoménologue » de Bachelard ne fait pas l'unanimité chez les auteurs. Nous empruntons l'idée que Bachelard a mis en œuvre une *phénoménologie de l'imaginaire* à Wunenburger (2012). Cette idée suppose que dans l'œuvre de Bachelard, la poétique et la science se croisent dans une sorte de « *science de l'imaginaire* » capable de « *produire du sens au delà des pouvoirs de l'entendement scientifique* »(Wunenburger, 2012).

mais également dans sa dimension historique (temporelle). L'existence « *actuelle* » des objets géologiques se pose effectivement en tant qu'*objet matériel*, prenant place dans l'espace géologique, mais aussi en tant que *trace du passé*, prenant place dans les temps linéaires, ou pour le dire autrement, dans une *histoire*.

Explorer l'empirie relève d'une phénoménotechnique

Il n'est cependant pas possible pour nous d'en rester à une simple approche descriptive. Il est donc important pour nous de restreindre fortement l'acception de la phénoménologie telle qu'elle est habituellement considérée dans la philosophie des sciences. En effet, nous avons déjà dit que si l'activité descriptive permet une première approche du réel, nous pourrions dire dans ses contours, elle ne saurait suffire à la construction de savoirs scientifiques rationnels. Bien au delà de cette activité descriptive il faut donc s'engager dans une approche de *vérification du réel* pour reprendre les termes de Bachelard (1934, p. 15). Cette vérification passe grandement par l'instrumentation ; or « *les instruments ne sont que des théories matérialisées* » (Bachelard, 1934, p. 16). Mettre en œuvre une théorie par l'instrument relève de ce que Bachelard (1928, p 60) nomme un *matérialisme technique.* Ce matérialisme technique nous intéresse dans la mesure où il correspond à « *une prise de contact* » avec l'actualité d'un fait, ajustant théorie et expérience. Le recours à l'instrumentation afin d'observer, mesurer, quantifier des éléments de l'empirie, traduit cette dimension technique du matérialisme[5] que définit (Bachelard, 1953).

> « *La véritable phénoménologie scientifique est donc bien essentiellement une phénoménotechnique. Elle renforce ce qui transparaît derrière ce qui apparaît. Elle s'instruit par ce qu'elle construit* (Bachelard, 1934, p. 17).

Bachelard nous dit ici que la phénoménologie n'a de sens que dans une sorte d'« élan de construction » qu'il oppose à l'attitude oisive qui se contente d'observer et qui s'en tient à la seule perception du phénomène « en surface ». Or, c'est en « *intégrant au concept les conditions de son application* » que la pensée conduit à une véritable phénoménologie scientifique. Le recours, alors, à des instruments scientifiques rigoureusement sélectionnés, c'est à dire un ensemble de techniques « *configurés* » amène ainsi à effectuer « *un couplage entre l'abstrait et le concret* » (Lecourt, 2002, p. 70).

Le rationalisme bachelardien (Bachelard, 1949), que nous mobilisons ici, nous permet de préciser une dimension fondamentale des situations que nous étudions, que les didacticiens énoncent comme « *le primat de la théorie sur le fait* » (Dupin et Johsua, 1993, p. 46). Un enjeu fort de nos recherches est en effet de montrer

5. Nous verrons que cette approche nourrit fortement la construction de phénomènes, mais pose un réel problème dans l'approche historique qui intéresse notre étude.

que se confronter au réel de terrain relève systématiquement d'un cadre théorique de référence (Popper, 1991) (et donc de toutes les abstractions qu'il mobilise) qui conditionne non seulement l'observation en tant qu'activité de perception, mais également les représentations que le sujet se fait de ce réel. Ainsi, nous considérons en nous appuyant sur Popper que les expériences d'observation « *ne sont ni "directes", ni "immédiates", et elles ne sont pas fiables* »(Popper, 1991, p. 135).

1.1.1.3 Bruner : les apports de la psychologie à notre cadre théorique

L'approche de Bruner nous intéresse particulièrement du fait qu'il développe une véritable « *Théorie de la perception* » (Bloch *et al.*, 1991) : un sujet qui perçoit le monde se trouve dans un « *état préparatoire à la perception* ». Les expériences vécues ainsi que les événements qui viennent de se produire placent le sujet dans un état « *central directeur* [qui oriente] *la sélection et le traitement des informations véhiculées par les stimulations* » (Lestage, 2009, p. 1). Nous retenons ainsi que selon Bruner (1987), la perception est *catégorielle*, *inférentielle* et *prédictive*. Une idée forte est que, quelques soient les expériences perceptives des individus, il y a toujours identification de l'objet ; il n'est pas de perception totalement inclassable (Lestage, 2009, p. 2).

Le perception est une sorte d'expérimentation par le sujet : celui-ci émet une hypothèse sur la nature de l'objet observé, hypothèse qui sera confirmée ou non grâce aux stimulations perçues. L'attente perceptive (confirmée ou modifiée) conduit à proposer des inférences catégorielles pour l'objet observé. Cette stratégie de catégorisation permet de classer les objets du monde :

- soit en focalisant (*focusing*) sur les propriétés d'un objet et en les confrontant à un cadre de référence, ce qui correspondrait à une sorte de déduction.
- soit en balayant (*scanning*) les propriétés des objets et en proposant des hypothèses de classement par mise en cohérence, ce qui se rapproche du raisonnement abductif (ou démarche de l'enquêteur, Eco, 1992, p. 248).

Le classement d'un objet dans une catégorie conduit à lui inférer des propriétés, notamment des propriétés qui n'étaient pas perceptibles. Ces propriétés lui sont associées du fait de sa catégorisation et non du fait de sa perception : la lourdeur d'une pierre en granite, ou bien sa rugosité peuvent être appréhendées sans qu'il y aie eu contact tactile avec l'objet. Le placement de cette pierre dans la catégorie des roches conduit à inférer sa lourdeur et sa rugosité. Ces inférences ont ainsi une valeur prédictive :

> « [...]*le sujet est un observateur actif qui explore le monde et lui attribut du sens en fonction de ses attentes et de ses cadres de références ou "schèmes" perceptifs* » (Lestage, 2009, p. 2).

La capacité à mettre en œuvre ces processus de perception du monde se développe progressivement chez l'enfant et perdure chez l'adulte qui dispose ainsi, selon Bruner (1996) de trois modes d'activité cognitive vis-à-vis du réel :

Le mode énactif qui correspond à une information de type procédural. Il ne mobilise ni symbole, ni image, ni signe.

Le mode iconique est celui qui mobilise une information en terme d'images. Ces représentations, indépendantes des actions, et servant de prototypes aux classes d'événements, jouent un rôle de *pré-conceptualisation*.

Le mode symbolique est celui des symboles et de l'abstraction : il constitue l'outillage des représentations, et il est fortement dépendant du langage.

Ces considérations sur les représentations du monde nous conduisent à voir un rapprochement possible avec la distinction des deuxième et troisième mondes de Popper (1991) : Bruner accepte volontiers d'ailleurs cette distinction entre le monde des croyances personnelles, des pressentiments (2nd monde) et celui du savoir justifié, objectif.

En conclusion nous insistons sur le fait que le réel ne se perçoit pas : il se construit. L'observation n'est pas une activité qui fait entrer dans la pensée des images du monde. C'est une activité de prescription de nos représentations sur le monde. De plus dans une approche phénoménologique, le monde nous apparaît dans son incomplétude : seuls quelques éléments caractéristiques, dépendants en grande partie de nos représentations, mais pas seulement, nous donnent accès aux objets du monde. Cette « sphère d'apparaitre » des objets provient de cadres théoriques pré-construits qui gouvernent chacune de nos expériences du monde. Ainsi, nous faisons ici clairement le choix d'une phénoménologie non-husserlienne : il s'agit pour nous de mettre en œuvre l'approche *phénoménotechnique* de Bachelard en procédant à un rapprochement avec la phénoménologie de Ricœur.

Si les objets géologiques ne sont perceptibles qu'au travers de théories pré-existantes, c'est-à-dire qui sont mobilisées dans le cadre d'une phénoménologie (objet = trace d'un phénomène), nous devons nous questionner sur ce que sont ces théories pré-existantes. Et quels rapports ces théories pré-existantes développent-elle avec la *réalité* des objets géologiques que nous souhaitons voir repositionner dans les temps ?

Nous devons donc maintenant comprendre les rapports que les théories scientifiques développent avec le réel. Et il s'agit surtout pour les situations que nous étudions de dire en quoi le réel de terrain ne se réduit pas au réel sensible.

1.1.2 Le réel en sciences : actuel et non-actuel

La géologie dans sa dimension de science empirique s'appuie sur la mise en cohérence rationnelle des idées et des éléments du réel « recueillis » dans l'environ-

nement. Ces objets récoltés sur le terrain puis amenés au laboratoire sont alors utilisés comme objets génériques dans des expérimentations. L'objectif du géologue est de construire des explications sur le monde dit « réel » : il s'agit pour nous ici d'en donner une définition précise. En effet, en tant que science de l'empirie, la géologie doit pouvoir donner sa définition du *monde réel*. C'est ce que nous nous proposons de faire dans cette partie, notamment en précisant la nuance importante que nous devons faire entre « *réel* » et « *actuel* ». De plus, nous prenons soin de ne pas nous en tenir à une définition du réel restreinte au champ des sciences de la Terre. Pour cela nous portons notre attention d'abord sur la définition de *« réel »* dans la sphère des sciences en général, et nous précisons ensuite ce qu'est le *réel* dans le cas précis d'une science empirique telle que la géologie.

1.1.2.1 Le réel dans la philosophie des sciences

Avant de nous engager dans une analyse des formes du réel dans la science, il convient de le définir précisément, notamment dans ses acceptions philosophiques. Nous cherchons ainsi à préciser en quoi le réel ne se construit pas sur l'expérience vécue et en quoi les constructions abstraites du monde jouent un rôle dans les représentations du réel.

Si l'on s'appuie sur la définition qui nous en est donnée par Lecourt (2006, p. 948), le *réel* ne peut se réduire à son opposition au chimérique comme le proposait Comte. Il faut le voir davantage comme « *ce qui a une "cause", ce qui tient à une série de causes et d'effets que l'on puisse rattacher aux "grandes lois de la nature"* » (Lecourt, 2006, p. 948). Même si Lecourt s'en tient ici à une définition « physique » du réel, il nous parait intéressant d'y voir « *un rapport à ce que l'on appelle une "cause efficiente" (...) la relation de cause à effet entendue sur le modèle de l'antécédent au conséquent* »(Lecourt, 2006, p. 948). Et, pour aller plus loin : « *le réel, c'est ce qui est fiable* »(Lecourt, 2006, p. 948).

Cependant, l'un des problèmes qui nous est posé par cette fiabilité du réel est celui des conditions qui le conduisent à « *advenir* ». Ce réel n'est pas un spectacle devant lequel le scientifique s'émerveille et tente de mettre de l'ordre, du sens, ou une finalité en soi. Nous sommes même amenés à nous demander comme Granger si c'est *« bien du réel que nous parle la science ?* » (Granger, 1995b, p. 7). De ce point de vue l'auteur nous questionne : *« quelle totalité du réel la science embrasse-t-elle ?* » (Granger, 1995b, p. 7). Nos expériences vécues, quoique non scientifiques, semblent pouvoir tout à fait nous donner accès à une connaissance du réel. Cependant, en tant qu'« *individuées* », singulières, ces expériences vécues ne se répètent pas. Elles ne peuvent donc pas nous conduire à une véritable connaissance objective du réel ; chaque expérience vécue étant unique, elle ne peut être considérée comme connue et donc anticipée dans un futur. L'expérience vécue ne peut être engagée dans une connaissance scientifique objective. De plus, l'imaginaire qui

imprègne chacune de nos expériences du monde nous conduit à percevoir ce monde comme une sorte d'illusion de réalité, *« associée toujours à des sentiments ou des émotions »* (Granger, 1995b, p. 8). De ce fait, *« cette connaissance n'est pas une connaissance scientifique, ne saurait remplir les conditions qu'on exige de celle-ci. Ainsi, la science n'embrasse-t-elle pas la totalité du réel »* (Granger, 1995b, p. 8).

Le réel de la science ne se construit qu'au travers d'*« épures »*, des *« configurations abstraites, complètes en leur genre, mais incomplètes relativement à nos expériences »*.

> *« Le réel de la science est un réel expliqué »*(Granger, 1995b) .

Mais ces épures, comme le précise Granger, ne se construisent que par un détour de la pensée dans des *virtualités*. A coté de ces faits, dont on se construit une image, se mettent en place *« des faits virtuels qui pourraient ou ne pourraient pas s'actualiser »* (Granger, 1995b). Le réel de la science est donc *« constitué d'un univers bien liés de faits virtuels »* (Granger, 1995b). Les règles construites au sein de ces virtualités permettent ainsi de déterminer *« l'image des réalités actuelles »* (Granger, 1995b). C'est alors que *« ce qui n'a pas eu lieu peut expliquer ce qui a eu lieu »* (Granger, 1995b).

Mais pour les sciences de l'empirie se pose le problème de la place des faits dans une telle activité d'abstraction. Quel articulation se met en place entre « faits virtuels » et « faits actuels » ? Il semblerait que ce soit l'observation qui permette une telle articulation : elle permettrait de confronter le non-actuel dans ce qu'il envisage, avec l'actuel, dans ce qu'il *« oblige la réalité à être »*. Actuel et non-actuel s'imposeraient ainsi mutuellement les contraintes de leur univers d'existence :

> *« Bien entendu, c'est, du moins en ce qui concerne les sciences de l'empirie, à partir des faits actuellement observés que sont construits de tels univers, et c'est l'observation de tels faits qui permet de décider du bien-fondé des constructions virtuelle*s » (Granger, 1995b).

C'est donc, selon Granger, par ces virtualités que peut se produire *« la saisie scientifique de la réalité »* (Granger, 1995b, p. 9). Ces virtualités qui représentent typiquement le non-actuel, correspondent à ce que la science met en place pour expliquer le réel. Elles sont rassemblées en trois niveaux par Granger qui les opposent non pas au réel, mais à *l'actuel* (Granger, 1995b) :

- ***Le virtuel*** : c'est le degré zéro du non-actuel. C'est avec lui que la science atteint son plus haut niveau d'abstraction (notamment avec les sciences mathématiques).
- ***Le possible*** : c'est le non-actuel dans son rapport à l'actuel. C'est lui qui détermine les conditions qui font que l'actuel *peut* se réaliser.
- ***Le probable*** : c'est lui qui détermine, en quelque sorte le degré de possibilité de l'actualisation.

Nous aurons ainsi l'occasion de montrer que c'est l'articulation de ces trois niveaux de non-actuel qui permet de dresser les nécessités théoriques que l'on confronte à l'actuel dans une activité de construction du réel.

Notre étude se précise déjà ici dans la mesure où l'on met en évidence le besoin de définir la situation de terrain davantage en nous appuyant sur la notion d'« *actualité* » que sur celle de *réel* qui, on le verra longuement plus loin, constitue un obstacle majeur dans les sciences empiriques.

Il importe donc maintenant que nous définissions précisément en quoi le réel peut être assimilé à un « *actuel* » auquel est associé un ensemble de virtualités, que nous rassemblons sous le terme de « *non-actuel* » et que nous évoquons ci-dessous.

1.1.2.2 Actuel et non-actuel

Nous précisons ici en quoi le réel peut être circonscrit par les concepts d'actuel et de non-actuel. Nous présentons également les formes que prend le non-actuel, entre le virtuel, le possible et le probable. Cela nous conduira à nous questionner sur les caractéristiques du réel dans le cadre de la reconstitution d'une histoire « à partir » d'archives géologiques.

Actuel / non-actuel : définition

Le Larousse définit l'actuel des philosophes comme ce « *qui concerne l'acte, conçu comme réel, effectif, historique* ». En première approche nous pourrions penser que l'actuel est ce qui advient devant nous ici et maintenant. En suivant Granger (1995b) nous le définirions alors comme « *ce qui constitue cet aspect du réel qui est saisi comme s'imposant à notre expérience sensible ou à notre pensée du monde, comme existence singulière* hic et nunc » (Granger, 1995b, p. 13). Mais Granger lui même précise que cela n'en fait pas une définition et conclut également en un « *actuel* » indéfinissable (Granger, 1995b, p. 213).

Nous tenterons cependant de cerner cet *actuel*, notamment par son opposition au *non-actuel*, sur lequel nous reviendrons longuement. Nous choisissons donc de définir l'actuel ainsi :

> L'actuel correspond à la saisie individuée, singulière et vécue comme présente, des choses et des faits du monde.

Nous prenons garde inversement de ne pas réduire le réel à la seule actualité : « *le concept de réalité est une* construction *comportant une facette d'actualité, et une facette composite de* virtuel *et de* probable »(Granger, 1995b, p. 232). Cependant, entre le *virtuel*, considéré comme « *le degré zéro du non-actuel* » (Granger, 1995b, p. 77) et le *probable*, qui représente en quelque sorte un haut potentiel d'actualisation, se situe un univers des *possibles*. Voyons donc comment, de l'articulation de ces

trois niveaux de non-actuel, peut émerger une construction virtuelle à l'origine d'une connaissance scientifique.

Le virtuel

Les sciences de l'empirie, telles que les sciences de la Terre, présentent une spécificité que Granger considère du point de vue de leur rapport au virtuel :

« *Les sciences de l'empirie sont également* sciences du virtuel*, mais considérées comme source possible de modèles abstraits, grâce auxquels est* représentée*, avec plus ou moins de succès, l'empirie* » (Granger, 1995b, p. 99).

Nous sommes là face à un problème majeur posé par l'empirie : malgré ses virtualités, la science s'« expérimente » dans le sensible. Nous sommes amenés ici à réfléchir en premier lieu sur le virtuel, pris tout d'abord dans une acception générale (au sens de « virtualité » par opposition à l'actuel) puis dans le sens plus restreint qu'en donne Granger 1995b (degré zéro du non-actuel).

Une définition du virtuel

Une définition du virtuel nous est donnée par le Littré : « *Qui est seulement en puissance et sans effet actuel*[6] ». Deux éléments fondamentaux s'articulent dans cette définition : le *possible* et son *actualisation*. Le virtuel, c'est « *ce qui est possible, sans pré-jugement de sa réalité* ». Le virtuel est un espace d'abstraction au sein duquel les possibles peuvent naître, sans être « contraints à la vérité » par leur actualisation. En fait le virtuel « *se rapporte justement à l'ensemble des événements qui «* eussent pu être substitués *» à l'actuel, sans être pour autant pensés comme des dévaluations de celui-ci* » Granger (1995b, p. 33).

Mais ce que nous retenons avant tout, du point de vue de la construction des connaissances scientifiques, c'est que :

> « *Toute connaissance porte en définitive et fondamentalement sur ce que nous nommons le* virtuel » (Granger, 1995b, p. 15).

Virtuel et imaginaire

Avant de pousser plus avant dans la définition du virtuel, commençons par dire ce qu'il n'est pas : un *imaginaire*. En effet, parmi les virtualités que le sens commun définit, nous auront une attention particulière envers *l'imaginaire* qui est une forme de représentation du monde propre au sujet pensant. L'imaginaire est une « *projection actuelle de la réalité du sujet contemplant* » (Granger, 1995b, p. 235). De ce point de vue, l'imaginaire s'oppose au virtuel du fait qu'il est mis en œuvre exclusivement ou presque, par la sensibilité du sujet. Nous pourrions

6. Littré, site web, https://www.littre.org/definition/virtuel, consulté le 17/02/2018.

jusqu'à aller confondre, dans notre étude, *l'imaginaire* et le *sensible*. Tout du moins ces termes seront pour nous des formes de la subjectivité qui caractérisent une sorte de rapport direct du sujet à l'actuel. Cela nous conduit à considérer que les sciences empiriques, dans leur démarche de construction de connaissance objective, mobilisent une forme plus rationnelle de l'abstraction du monde : ce que nous avons désigné comme « le *virtuel* ».

Bien sûr, dans son « exploration du monde » l'imaginaire peut construire des formes subtiles d'abstraction mais qui relèvent principalement de *l'irréel*, qui est une forme dégradée de l'actuel, et que nous ne confondons en aucun cas avec le virtuel. Il peut également construire un virtuel que l'on pourrait rattacher à la science, et que l'on qualifierait de « pré-scientifique ». Il y aurait ainsi une zone de superposition de l'imaginaire et du virtuel au sens où nous l'entendons. Nous présenterons plus loin en détail en quoi cette superposition représente une *zone de transition*[7], au niveau de laquelle se trouverait l'enjeu principal de toute construction de connaissance scientifique : rupture ou continuum épistémologique ? Car c'est au niveau de cette zone que peuvent se loger les obstacles à une compréhension du monde. La pensée commune conduisant systématiquement à (faire) croire que les représentations du monde « sont » le réel ou du moins permettent de l'appréhender, ces images sensibles saturent la pensée et l'empêchent de s'engager dans les virtualités scientifiques.

Un autre élément majeur nous permet de dissocier clairement l'imaginaire et le virtuel. Le propre du virtuel, relativement aux sciences de l'empirie, c'est d'être capable de *multiplicité* (Granger, 1995b, p. 105). La perception esthétique, individuée, « *en tant que phénomène vécu, ne participe en rien du virtuel* »(Granger, 1995b, p. 235). Si collusion il y a entre l'imaginaire et le virtuel c'est en tant que *réel provisoire*, préparant l'esprit au virtuel. L'imaginaire est donc une forme d'actualité, une actualité unique, pour le sujet contemplant. Le virtuel scientifique est en quelque sorte un univers partagé de la science où vivent des mondes possibles parmi lesquels certains s'actualisent sous la forme d'objets et de phénomènes de notre espace sensible. Les théories scientifiques font partie de cet univers.

Penser les objets de la science c'est d'abord concevoir une existence virtuelle à ces objets. Les mathématiques sont ainsi grandes pourvoyeuses de virtualités ; elles y restent même souvent enfermées, la question de l'actualisation des objets mathématiques ne se posant pas. Par contre, pour les sciences de l'empirie, le passage à l'actuel est un problème crucial. C'est d'ailleurs la capacité des virtualités des énoncés des sciences empiriques à s'actualiser qui fondent ce type de sciences. Leur objectif est bel et bien de prédire et d'expliquer la survenue de tel ou tel phénomène naturel. Passer du virtuel à l'actuel doit ainsi se penser en termes de « *possibles* » : en quoi tel objet ou phénomène est-il possible ? Comment expliquer

7. Cette zone de transition pourrait correspondre à ce que Granger (1995b, p 235) désigne par un « *réel provisoire* », issu d'une « *collusion naturelle* » du virtuel et de l'imaginaire.

que ce phénomène ce soit produit ? De quelles conditions de possibilité ce phénomène dépend-il pour que son « actualité » advienne ? Ces questions relèvent du *possible*, articulé autour de ses deux corollaires : le *nécessaire* et le *contingent*.

Le possible : une première approche du nécessaire et du contingent

Définir le possible

Nous rappelons ici que le possible, lorsqu'il envisage les énoncés scientifiques, dépend avant tout du virtuel qui est lui originairement déterminant. En effet, la construction des énoncés scientifiques ne fait intervenir que secondairement le possible du point de vue de la nécessité. Comme nous l'avons déjà vu, ce qui prédomine dans le non-actuel est le caractère de virtualité des énoncés objectifs de la science. Selon Granger, ce qui caractérise en premier lieu l'énoncé scientifique, c'est sa virtualité. Le possible ne serait alors qu'une façon d'appréhender la potentialité du virtuel, ou autrement dit un « degré » de virtualité.

Le possible peut donc être défini par sa référence à l'actuel *par prétérition*, tout en sous-entendant l'absence d'un actuel Granger (1995b, p. 33). En d'autres termes, le possible, c'est *ce qui peut s'actualiser tout en ne l'étant pas*. Pour aller plus loin nous pouvons nous appuyer sur les deux formes de possible considérées par Aristote dans l'Organon :

- *Le possible abstrait* : c'est le *possible logique*, celui qui est indépendant du temps et du contexte temporel dans lequel il est mis en œuvre. La conscience du temps ne se manifeste pas et il n'est pas question ici d'actualisation (qui pousserait à mobiliser le temps du « maintenant » pour exprimer que le possible pourrait advenir). Cette mise à l'écart du temps pour penser le possible permet d'échapper, selon Granger (1995b, p. 48), aux « *pièges dialectiques* » car la temporalité « *suppose la singularité contingente d'un maintenant* ». Nous verrons plus loin en quoi c'est principalement la perception de l'instant qui fait obstacle à une lecture rationnelle des possibles (voir la section 1.2.1 page 46).
- *Le possible ontologique* (mais on pourrait dire aussi un possible « réel » : c'est lui qui désigne les liens entre l'abstrait et le concret, entre l'actuel et le non-actuel). Ce possible a, dans le sens commun, un fort pouvoir symbolique. C'est lui qui tend, en mobilisant une *intuition du temps*, à opposer l'actuel au non-actuel. C'est en quelque sorte ce possible qui détermine le potentiel d'actualisation, mais c'est également un possible qui existe *grammaticalement* au travers de l'expérience subjective : il n'intervient donc pas dans la construction de la connaissance objective. Ainsi le calcul des modalités de ce possible ne conduit pas forcément à une logique. Les modalités cantonnant ce possible sont, soit trop dans le concret pour une objectivité générale, soit

trop dans l'abstrait pour porter sur l'empirie.

Travailler les possibles serait donc une étape décisive mais intermédiaire dans l'exploitation du non-actuel pour une connaissance scientifique. Le possible abstrait (logique) permettrait de travailler avec la virtualité sans présager d'une actualisation. Il conduirait ainsi à la recherche des *nécessités logiques* qui seules peuvent construire la rationalité des connaissances scientifiques.

Le possible ontologique serait quant à lui le passage par lequel le virtuel rejoint l'empirie par le biais du probable (Granger, 1995b, p. 35).

Le possible ontologique et la grammaire du temps

On peut dès lors reformuler notre définition en articulant le possible avec ses propositions modales :

- ≻ *Le possible* est ce qui peut se produire
- ≻ *L'impossible* est ce qui ne peut pas se produire
- ≻ *Le contingent* est ce qui peut ne pas se produire
- ≻ *Le nécessaire* est ce qui ne peut pas ne pas se produire

Le possible peut se construire dans les énoncés du discours, sur trois formes d'accomplissement de l'image du temps :

in posse : le temps pensé comme potentialité. Le temps en tant que capable de ...

in fieri : le temps « sur le point de se réaliser ». Ce serait une sorte de temps imminent, proche de l'actualisation.

in esse : le temps actualisé, advenu. Forme prototypique de l'actuel. C'est le présent de l'indicatif.

Ainsi, dans la mesure où le temps mobilisé dans ces possibles ontologiques enferme dans la singularité, la connaissance objective ne semble pas pouvoir se construire dans de tels contextes. En fait, il semblerait, toujours d'après Granger (1995b) que c'est pas le biais du probable, et non pas seulement pas le biais du possible que l'empirie se construit à partir du virtuel.

Le possible réel est « *envisagé comme de même nature qu'un actuel, mais tel que certaines conditions de son actualisation ne sont pas réunies* » (Granger, 1995b, p. 47). Il se caractérise par la non-existence *maintenant* et la non-existence *future.* Entendu que l'actualisation d'un possible crée une occurence, qui le sort du champ des possibles et l'inclut dans le champ de l'actuel.

Si nous envisageons les modalités de reconstitution d'une histoire géologique nous voyons apparaitre ici un problème sérieux qui se pose concernant les *événements du passé* : ils ont une affinité certaine avec *l'actuel* du fait de leur accomplissement (attesté par la présence d'indices de terrain). Mais cette existence, qui se construit sur du *non-actuel*, est *passée,* ce qui semble les exclure de l'actuel. Ces événements relèvent de la *nécessité*.

Mais cette *nécessité* est d'une autre nature que celle qui est mobilisée dans le cas du possible logique : elle relève d'un *possible ontologique* qui dépend de l'ancrage temporel de l'énoncé du locuteur dans un « maintenant ». Le passé du locuteur « *étant entièrement* déterminé *ne peut plus être* posé *que comme actualisé* » (Granger, 1995b, p. 48). Ce qui n'empêche pas d'imaginer des événements possibles, en se transportant dans le passé, que le locuteur pourrait décrire en formulant des propositions contingentes (Granger, 1995b, p. 48).

Ce possible « réel » d'Aristote montre donc que la dépendance à la temporalité et à l'expérience vécue empêche la pensée du non-actuel d'échapper aux pièges dialectiques du sens commun. Dès lors que le possible est produit dans le langage courant (par opposition aux énoncés scientifiques), il s'insère dans l'actuel.

Cette définition du possible ne règle pas notre problème de la recherche d'une exploration du réel. Ce possible ontologique, s'il permet d'approcher le réel en explorant le virtuel et en explorant les potentialités d'actualisation, demeure un possible subjectif, dépendant du temps et du concret, incapable de construire la rationalité des connaissances objectives du réel. Voyons donc du coté du possible logique.

Le possible logique

Le possible logique est celui qui fait exister les virtualités formelles et abstraites. Ce possible est détaché du temps et de la subjectivité du sujet. Mais ce possible « *ne règle symboliquement que des exigences purement formelles dans les calculs modaux, en se tenant en deçà de toutes expérience* » (Granger, 1995b, p. 75)

Nous restons donc dans l'impasse :

- ≻ Le possible ontologique est celui qui semble le plus à même d'explorer le réel du fait de sa relation à l'actualité. Mais il ne peut accéder à la rationalité que l'on attend des énoncés scientifiques.
- ≻ Le possible logique est lui par contre capable de construire cette rationalité, mais il demeure enfermé dans le non-actuel, du fait de son recours à l'abstraction dans ses usages de la nécessité (que nous assimilons à la nécessité logique).

En résumé ce que nous évoquons ici comme difficulté, voire même comme impasse, n'est autre que l'articulation difficile entre l'univers des abstractions et l'univers de l'empirie. Cette approche montre que la recherche des possibles est l'enjeu majeur de ces situations. Les possibles que nous avons évoqués ne semblent pas répondre aux besoins de telles situations.

Nous devons donc chercher le possible au-delà de ces positionnements, dans des modes de raisonnement qui permettent de penser l'empirie (comment le réel s'actualise ?) et la rationalité des connaissances scientifiques (comment se construisent les énoncés scientifiques objectifs ?).

Le nécessaire et le contingent

Si le possible semble être délicat à mettre en œuvre dans la compréhension de l'empirie, il parait interessant cependant de voir comment peuvent être mobilisés ses deux foncteurs modaux évoqués plus haut : le *nécessaire* et le *contingent*.

En effet nous considérons que dans une activité qui consiste à se « représenter » l'empirie, « *la fonction du possible est de restreindre le jeu des virtualités par différentes contraintes, dont on peut qualifier certaines de proprement empiriques, d'autres de théoriques* » (Granger, 1995b, p. 129). Nous sommes amenés ici à penser que le possible avant tout s'articule à une contrainte de *nécessité* (Aristote, 1989)(Lecourt, 2006, p. 792)). La recherche de la *nécessité* serait le mode permettant d'accéder aux possibles(logique et ontologique), autant dans le contexte d'une expérience vécue que dans sa modélisation théorique. Nous comprenons dès lors que le possible se construit autour de deux catégories de nécessités : les unes *logiques*, qui ne vivent que dans les abstractions du virtuel, les autres, *ontologiques*, que l'on trouve dans le registre empirique et qui par conséquent ont une proximité avec l'actualisation des objets de l'empirie. Mais, dans la mesure où ces nécessités ontologiques sont attribuées aux représentations des objets dans le virtuel, elles ne sauraient être considérées comme logiques au sens strict du terme (Granger, 1995b).

Donc, les nécessités logiques donnent accès à une rationalité mais sont peu efficaces pour appréhender l'actualisation des objets de l'empirie. Les nécessités ontologiques, quant à elles, du fait de leur imbrication avec la temporalité, ne peuvent donner accès à une rationalité, mais sont par ailleurs efficaces pour appréhender l'actualisation des objets de l'empirie.

Le possible existerait donc par son double rapport à l'actuel :

- ≻ Rapport logique au vrai
- ≻ Rapport temporel à l'actuel.

Le problème est cependant qu'*une réalité possible cesse d'être possible dès lors qu'elle s'actualise*. Notre problème persiste : notre schéma de départ selon lequel la virtualité accède à l'actuel grâce au possible ne semble pouvoir s'appliquer que dans les situations où la temporalité empêche l'accès à la rationalité. Ce qui nous empêche d'envisager une approche rationnelle dans une science empirique comme la géologie.

Il semble pourtant incontournable de mobiliser la temporalité dans nos situations qui se destinent à raconter une histoire. Mettre de côté le temps pour « gagner en rationalité » serait une solution qui nous conduirait dans un enfermement dans le virtuel. Or nous cherchons justement à comprendre comment, par la recherche des possibles il est envisageable de construire une réalité des objets géologiques dans le temps. Pour le dire plus simplement, nous recherchons comment ces objets géologiques quittent les virtualités scientifiques pour devenir « *actuels* ».

Plutôt que de chercher les raisons d'exister des objets de l'empirie dans un univers de virtualités scientifiques, nous pouvons imaginer ces objets dans un rapport à leur « potentiel d'actualisation ». Il faudrait en quelques sorte décaler un peu le curseur depuis le point de *virtualité maximale* vers un point d'*actualité*. Il s'agit donc de penser des possibles ontologiques non pas seulement dans ce qu'ils ont de *nécessaire* mais également dans ce qu'ils ont de « *contingent* » (Vuillemin, 1984 ; Granger, 2007) : il s'agit de construire le possible en le considérant comme pouvant ne pas se exister. La contingence est pour nous une sorte de potentialité alternative, un « possible négatif » (le fait de pouvoir ne pas exister) qui s'oppose à la « puissance » du passé aristotélicien Aristote (1989) et ainsi :

> « *tout être possible devant s'actualiser, possibilité et nécessité coïncident* » (Granger, 1995b, p. 49)

Reformulons notre pensée en termes simples : en mobilisant la contingence, le possible est pensé comme une « *éventualité* » ; en mobilisant le nécessaire, le possible est pensé comme une « *obligation* ». Le contingent permet de penser une proximité de l'actualisation, depuis l'improbable jusqu'à l'imminence. Le nécessaire quant à lui donne au possible sa pleine potentialité.

C'est bien la contingence qui permet d'envisager que le possible ne se réalise pas « *par nécessité* ». Car comme nous le rappelle Wittgenstein :

> « *Rien ne contraint quelque chose à arriver du fait qu'autre chose soit arrivé*[6.37]. *Il n'est de nécessité que logique* [6.375]. (Wittgenstein, 2001, p. 108)

La nécessité n'est donc qu'une approche du possible dans une recherche de la cause. La contingence, à l'inverse est pensée comme une potentialité alternative du possible. Le possible existe donc « *en nature* » par nécessité, et « *en degré* » par contingence. Cette « alternativité » du possible nous conduit secondairement à l'idée qu'il existe des *degrés de possible*, qui situeraient l'actualité entre la possibilité de se produire et la possibilité de ne pas se produire. Pour le dire autrement et pour conclure sur le possible : ce n'est pas seulement du possible que relève la science de terrain, mais bien plus d'un *degré de ce possible*, ce que nous pouvons désigner comme le « *probable* ». Ce *probable*, considéré comme une quantification de la contingence, apparait ici comme une forme de « *mesure du possible* » (Granger, 1995b, p. 129).

Le probable

Une définition du probable

Dans les sciences de l'empirie, le probable commande l'usage du virtuel (Granger, 1995b, p. 100). Le probable est ce qui permet d'organiser le virtuel et notamment

de le comprendre dans sa puissance d'actualisation. C'est par le probable que le non-actuel peut être rapprocher de l'actuel. Le probable c'est ce qui permet le passage à l'actuel(Granger, 1995b, p. 129).

Dans la mise en œuvre du probable, le possible restreint le jeu des virtualités par différentes contraintes empiriques et théoriques. Ces contraintes, si elles se construisent dans le virtuel, n'en sont pas pour autant enfermées dans l'abstrait. Elles se construisent à partir des *représentations* de ces objets dans le virtuel, et sont donc en rapport avec l'actuel. Ces objets deviennent des objets « possibles » dès qu'ils se développent dans un univers théorique et acquièrent ainsi des propriétés nouvelles.

Mais c'est surtout le probable qui, en engageant les objets dans des modèles restrictifs du possible, peut mobiliser des développements formels :

> « *Le mode d'intelligibilité des possibles en tant que tels, et des événements qui décident entre ces possibles, est par définition la description probabiliste* » (Prigogine, 1993, p. 47).

Ce probable se présente donc comme une sorte de mesure du possible, en induisant une grandeur au possible.

> *Le probable, c'est une quantité de possible.*

Cette quantification du possible par le probable, que l'on peut présenter également par une opération de restriction des possibles, prend une forme particulière dans les sciences de l'empirie telles que les sciences de la Terre : le *cohérentisme* (Lehrer, 2015), qui ne fait pas appel à une logique mathématique mais qui exprime ce que nous pourrions désigner par « *un niveau de possible* ».

Mais un problème se pose quant à l'*attente* supposée d'un possible. Car le possible présente une dimension optative qui l'enracine dans le subjectif : quantifier du possible reviendrait alors à mesurer le degré d'attente d'un sujet. Ainsi, « *la probabilité d'un événement [aurait] une liaison intime avec le degré de croyance que nous lui attribuons* » (Buchler in Granger, 1995b, p. 135). Mesurer le degré de possible d'un événement conduit ainsi à mobiliser le probable selon deux positionnement : un probable subjectif et un probable objectif. Ces deux attitudes, loin de s'opposer, ont plutôt tendance à se nourrir : le premier se fixe sur ce qui se produit, s'actualise, le deuxième détermine l'univers des virtualités qui a permis de formuler des inférences.

En conclusion, le probable est ce qui émerge du possible dans la recherche d'une actualisation des objets de l'empirie. Ce probable serait en fait la quantification d'un niveau de cohérence entre les possibles mis en œuvre dans les constructions du non-actuel. Ce probable serait en fait à même de rassembler les possibles logiques (qui mobilisent les plus haut niveaux de virtualités) et les possibles ontologiques (qui mobilisent la temporalité dans l'objectif d'inclure les objets de l'actuel dans une histoire) dans une sorte de configuration des événements possibles. La probabilité que cette configuration soit vraie ne se posant pas, c'est la cohérence interne à

ces explications qui constitue dès lors, les éléments d'une science empirique qui se construit sur des raisons, et non pas seulement sur une logique interne.

Nous comprenons ainsi que le raisonnement qui sera mobilisé dans des situations de terrain, en contexte de « *représentation* » de l'empirie, ne pourra être uniquement hypothético-déductif. Car il ne s'agit pas de se cantonner à la construction d'une logique entre les objets de l'empirie. Il s'agit bien plus de reconstituer les éléments d'une histoire qui correspond à l'ensemble des occurrences d'actualisation des objets géologiques. Cette histoire repose donc sur des *possibles* (ce qui a pu se produire) et leur version quantifiée, les *probables,* ainsi que sur une mise en cohérence de ces probables.

Le référentiel

La mise en œuvre de nécessités logiques dans ce que nous avons présenté précédemment suppose l'existence d'un *cadre de référence* permettant de penser les virtualités, car, comme nous le dit Granger :

> « *Ce qui fait fondamentalement le lien entre le virtuel et l'actuel dans les sciences de l'empirie, c'est ce que nous avons nommé* référentiel » (Granger, 1995b, p. 100).

Le référentiel (Emery, É. in Lecourt, 2006, p. 951) met en œuvre un ensemble de coordonnées qui permettent de déterminer l'objet. On prend ici le terme de référentiel au sens très large de « *ce qui permet de décrire l'objet dans un cadre de référence* ». C'est une façon pour nous de préciser un ensemble de contraintes associées à un espace-temps dans lequel on fait « vivre » un objet d'étude : c'est un canevas informationnel définissant le cadre et par conséquent le « *format* » des éléments retenus comme descriptifs de l'actuel.

Le référentiel est ce qui, selon Wittgenstein (2001, 6.341 p. 105), « *uniformise la description du monde* ». Les sciences de l'empirie se laisseraient ainsi « *décrire complètement, par un réseau déterminé, d'une finesse déterminée* » (Wittgenstein, 2001, 6.341 p. 105).

Nous verrons notamment que poser un référentiel « arbitrairement » revient à définir un ensemble de coordonnées qui permettent de circonscrire « complètement » le fait virtuel. Par contre, l'image du fait actuel, pré-déterminée par le référentiel, reste incomplète (Granger, 1995b, p. 101). L'usage du virtuel ici permet au scientifique d'engager des processus contrôlé de réflexion qui construit l'objet virtuel, ce que ne lui permet pas l'actuel.

Le référentiel est donc ce qui structure les faits virtuels. Ces faits virtuels, dans ce cadre donné par le référentiel, ont une existence propre (relativement indépendante des faits actuels) mais qui « *caractérise déjà partiellement ces faits actuels* » (Granger, 1995b, p. 102).

Le virtuel est donc cet univers de pensée qui permet d'envisager les objets de science. Grâce au référentiel il constitue un ensemble de règles qui permettent de penser le réel. L'usage d'un référentiel, dans un cadre très clairement défini et « *épuré* », permet ainsi d'envisager les *phénomènes* du réel. C'est en cela qu'il est au cœur d'un ensemble de lois ou de règles, qui donnent lieu à des explications. Il donne accès à un raisonnement qui met de coté le temps subjectif et permet ainsi de construire des énoncés rationnels et objectifs.

Mais pour nous se pose à nouveau le problème de la temporalité car les situations que nous étudions ont pour objectif de raconter une histoire géologique.

Qu'advient-il de ces virtualités dans les sciences historiques ?

Actuel et non-actuel dans les reconstitutions historiques

Granger (1995b, p. 124 à 126)À ce stade de notre étude, il nous parait intéressant de considérer l'articulation de l'actuel et du non-actuel dans l'histoire. L'Histoire dans son acception commune, désigne : les « *récits des faits, des événements relatifs aux peuples en particulier et à l'humanité en général*[8] ». Elle semble donc ne concerner que très indirectement les sciences empiriques. Les sciences de l'empirie répondent pourtant assez bien aux contraintes de la démarche historique (Veyne, 1971) : tout objet de la nature peut être étudié comme la conséquence d'une chaine d'événements ayant conduit à son existence réelle « *hic et nunc* ». Cette succession d'événements, replacés dans les temps linéaires, selon une chronologie précise, et qui fait ressortir les conditions de possibilité des événements relève d'une méthodologie proprement historique. C'est une volonté de l'histoire que de s'insérer dans un « *temps vécu* ». Cela conduit l'histoire dans un rapport de proximité évident avec l'humanité, ce qui en fait une discipline très « anthropisée ». Mais de cela découle également un ensemble d'obstacles à la construction d'une rationalité des connaissances historiques. Veyne (1971), tout comme Granger (1995b) nous assurent d'ailleurs que l'histoire n'est pas une science. Nous acceptons volontiers cette contrainte, et choisissons en conséquence de nous en tenir plus rigoureusement aux « sciences historiques », ce qui représente selon nous une nuance importante.

Voyons tout d'abord comment articuler actuel et non-actuel dans la construction de connaissances historiques. Nous verrons ensuite comment est pensé le virtuel dans les sciences empiriques telles que l'évolution et les sciences de la Terre qui représentent les formes les plus typiques de sciences historiques.

Il parait délicat de définir le virtuel de l'histoire tant les connaissances historiques semblent impliquées totalement dans l'actuel(Granger, 1995b, p. 124). Mais nous comprenons ici en quoi l'actuel pose problème : dans notre définition, l'actuel désigne le présent de l'indicatif, temps grammatical par excellence désignant l'expérience

8. https://www.littre.org/definition/histoire. Consulté le 17/02/2018

en train de se vivre. Or toute expérience du passé relève de la mémoire. La fiabilité, pour incertaine qu'elle soit dans l'expérience vécue *au présent*, devient totalement illusoire dès lors qu'il s'agit de l'expérience vécue *au passée*. Le passé, domaine temporel de prédilection de l'histoire conduit ainsi l'historien à reconstituer une *actualité concrète passée*. Mais cette actualité est absente et passe aux yeux du sens commun comme du non-présent. L'historien est censée pourtant « nourrir » la re-création d'un réel, c'est à dire la re-mobilisation d'un actuel, dont on recherche également des connaissances explicatives objectives. De ce point de vue Granger se positionne clairement en précisant que cette activité de re-création du réel relève des arts littéraires, autant dans sa forme que dans ses contenus. Qu'elle soit histoire des Hommes, ou bien Histoire Naturelle, elle mobilise toujours des connaissances, mais que l'on ne peut pas a priori considérer comme scientifiques. Dans le cas des sciences historiques, il est difficile de déclarer que les connaissances mobilisées ne sont pas scientifiques sur *la seule base* qu'elles s'organisent le long d'une histoire. Il n'en reste pas moins que, selon Granger (1995b), il existe une opposition quasi systématique entre science et histoire. Le fait de rechercher, et non d'écarter, le caractère individuel des objets d'étude, oppose délibérément l'histoire et la science.

Nous arrivons, à ce stade de notre étude, au point limite qui nous font emprunter la notion de virtuel telle que la présente Granger. En effet, l'insertion des objets naturels dans une linéarité des temps contraint le scientifique à penser les structures singulières de la nature dans une diachronie. Nous pensons que cette diachronie relève pleinement d'une construction virtuelle telle que définie auparavant. Les événements qui peuplent l'histoire seraient selon nous des objets de sciences dont la construction rationnelle mobilise le virtuel. Les explications historiques conduiraient ainsi le scientifique à construire des possibles : possibles logiques, typiquement atemporels, et des possibles qui seraient d'affinité « ontologiques » (qu'il nous reste à définir), engagés dans une temporalité, et qui, du fait de rapports particuliers avec l'actuel, mobiliseraient le nécessaire (sous une autre forme que le nécessaire logique) et le contingent.

Il nous reste donc à préciser ici les formes que prend le réel en géologie avant de pousser plus avant notre hypothèse selon laquelle il est envisageable de constituer un *non-actuel historique* et de le confronter avec l'empirie. Nous considérons en effet que l'histoire ayant un rapport direct avec l'actuel elle met en œuvre un « récit » de l'actualité reconstitué selon une diachronie « méthodologique ».

1.1.2.3 Conclusion

Le réel ne se limite pas au monde perceptible (= le réel sensible). Ce réel sensible, considéré dans le présent du sujet qui en fait l'expérience est l'*actuel*. Nous pouvons ainsi dire que tout ce qui relève du réel et qui n'est pas perceptible par l'expérience humaine relève du non-actuel. Ce non-actuel est composé de virtualités

qui rassemblent trois niveaux de « potentialité ».

Le Virtuel = degré zéro du non-actuel.

Le Possible = il représente une sorte de potentialité du virtuel.

Le Probable = c'est ce qui gouverne le passage à l'actuel.

Il existe donc ce que nous pourrions désigner par des niveaux de non-actualité entre virtuel et probable. L'actualisation des objets géologiques peut donc être analysée avec cette fenêtre de lecture. C'est ce que nous nous proposons de faire dans ces recherches : le problème ne se pose donc plus ici en termes de « *réel* », mais bien en terme d'*« actuel »*.

Le réel s'appréhende donc en science entre un *actuel* (perceptible) et un *non-actuel* (un univers de virtualités au sens large). Actuel et non-actuel sont en tension constante dans notre appréhension du monde. L'actuel ne se construit qu'en appui sur le non-actuel. Le non-actuel est constamment conditionné par l'actuel. Mais comment dès lors articuler actuel et non-actuel dans la construction du *réel de la géologie* ?

Nous sommes amenés à ce stade de notre analyse à chercher à comprendre ce que sont l'actuel et le non-actuel en géologie.

1.1.3 Le réel en géologie

Le réel de la géologie est un réel de la science, et ne prétend pas à des spécificités marquées. Cependant, nous souhaitons montrer que, dans ce domaine scientifique, c'est surtout d'un point de vue méthodologique que l'on peut distinguer des formes de réel. Nous envisageons donc ici dans un premier temps la diversité des formes de réel en géologie et ensuite nous nous focalisons sur les modalités de production de traces géologiques « sur le terrain ».

1.1.3.1 Diversité des « réels » en géologie

La diversité des formes de réel en géologie nous apparait avant tout dans une double distinction des formes de l'*actuel* que l'on rencontre en géologie. Ainsi, une première distinction peut être faite quant au *mode d'accès* à l'actuel géologique : se fait-il par l'intermédiaire de nos organes de perception sensoriel (actuel « sensible » au sens strict) ? Ou bien fait-il intervenir un instrument chargé d'en révéler des caractéristiques inaccessibles à nos sens (actuel « instrumenté ») ?

Une autre distinction fondamentale existe en géologie : elle concerne la place que prend le réel dans l'empirie. Les objets de la géologie peuvent être étudiés dans leur contexte naturel, « sur le terrain », ou bien ils sont étudiés en laboratoire.

L'étude des objets du réel dans leur contexte naturel correspond à une forme de géologie dite « de terrain » qui ne peut se faire autrement qu'en se rendant sur les

lieux propres à chacun de ces objets. Le géologue doit se rendre « *sur le terrain* ». A partir de ce travail in situ, le géologue peut construire une organisation spatio-temporelle des objets géologiques : leur position, leurs dimensions, leurs rapports avec les autres objets, leurs caractéristiques à l'échelle de l'affleurement... En fait, venir sur le terrain traduit la difficulté d'investigation des objets géologiques : un affleurement ne peut pas être ramené au laboratoire : son analyse suppose donc un déplacement sur le site géologique. Il semble donc exister une forme de réel « sur le terrain » que l'on doit analyser pour en comprendre les spécificités par rapport aux autres formes de réel.

Les modalités d'accès à l'actuel : actuel sensible et actuel instrumenté

Ces deux formes d'actuel se différencient par un mode d'accès différent à l'actualité des objets géologiques.

L'actuel sensible renvoie au réel de sens commun, qui mobilise presque exclusivement l'observation, et qui suppose un accès « direct » au réel. Nous avons déjà dit qu'accéder à l'actuel par l'observation suppose la mobilisation d'un ensemble de théories *a priori* qui « préparent » l'image vue. Mais ces observations, quand elles sont menées par les géologues, présentent une rationalité qui leur est conférée par le cadre théorique qu'ils utilisent. Ces théories en quelque sorte « *configurent* » les représentations du réel géologique. Ce réel prend sens dans la pensée du géologue, dans un cadre qui construit ce sens. Cette activité de la théorie dans l'observation fait que le sensible ne représente qu'une faible partie de l'activité d'exploration du réel.

Le géologue a recours à deux modes d'accès à l'actualité de ses objets d'étude : soit par observation directe (actuel sensible) , soit par l'intermédiaire d'un instrument (actuel instrumenté).

Actuel sensible : La simple observation n'a pas vraiment de sens car, comme nous l'avons déjà dit, tout objet observé ne prend de sens (et donc ne devient image) que dans un cadre pré-construit et déjà-là. La théorie, qui précède l'observation, joue un rôle prescripteur sur l'actuel. En ce sens, il n'existe pas d'actuel sensible mais plutôt un « *actuel prescrit* ».

Actuel instrumenté : Beaucoup d'objets de la géologie ne sont accessibles que par l'intermédiaire d'un instrument : un instrument pour observer, pour mesurer, pour doser, etc. Mais, pour reprendre le termes de Bachelard (1971) : « *Un instrument, dans la science moderne, est véritablement un théorème réifié* ». Utiliser un instrument, en géologie, revient donc à mettre en œuvre une théorie sous la forme d'un objet qui donne ainsi accès à l'actuel. Mais nous pouvons considérer que l'instrument permet de donner accès à une forme d'actuel sensible que nos organes

> de perception ne nous permettent pas d'appréhender. Pour le dire d'une autre façon, notre sensibilité tactile nous permet de dire si un objet est chaud ou froid, mais elle ne nous permet pas de chiffrer rigoureusement la quantité de chaleur qu'il contient.

Il n'existe donc pas véritablement de distinction entre actuel sensible et actuel instrumenté, si ce n'est du point de vue de la méthode d'accès à cet actuel. Dans le contexte des situations de terrain, cette « non-distinction » actuel sensible/actuel instrumenté prend une signification importante pour deux raisons :

- *In situ*, les objets géologiques doivent être *recherchés*. Ils ne s'offrent pas au géologues ; celui-ci doit donc procéder à une exploration systématique [9]. L'observation joue donc un grand rôle car elle permet au géologue de fouiller les affleurements susceptibles de contenir des indices géologiques. Mais l'observation ne saurait être l'unique mode de prospection : le géologue est équipé d'instruments (que l'on peut désigner par des instruments de terrain) qui lui permettent d'accéder à un « actuel de terrain » (loupe, clinomètre, décimètre, boussole).
- Le transport des instruments dont pourrait avoir besoin le géologue sur le terrain est conditionné par un certain nombre de contraintes techniques : accessibilité de l'affleurement, source d'énergie disponible, conditions de fonctionnement... Un spectrographe de masse ne peut pas être amené sur un affleurement. Il faut donc procéder à un échantillonnage, qui peut nécessiter des relevés complexes (origine de l'échantillon, altitude, coordonnées gps, position relative avec les autres objets géologiques...).

Dans une situation de médiation de la géologie avec un public, dans laquelle le médiateur peut être amené à mettre en scène une forme d'activité du géologue de terrain, la mise en œuvre d'une instrumentation tend à construire un cadre scientifique (autrement dit, pour le sens commun, tous les indicateurs sont là pour présenter la situation comme « scientifique »). L'observation de terrain quant à elle tend à rester enfermée dans une « approche sensible ». Là où les instruments mobilisent du « théorique », la situation parait scientifique d'elle-même. L'absence de recours aux instruments semble déshériter la situation de son cadre théorique. Mais en conséquence, celle-ci risque de s'en tenir aux théories de sens commun qui constituent le cadre *a priori* de toute situation non-scientifique. Nous pouvons cependant imaginer que le recours à une instrumentation « de terrain » (boussole, clinomètre, loupe, ...) modifie le contexte de la situation. Nous aurons l'occasion de réfléchir à ces indicateurs de scientificité des situations plus loin dans nos analyses.

En conclusion, il s'agit pour nous ici de déconstruire deux idées naïves autour du

9. Les géologues de terrain sont souvent de grands marcheurs, et pour certains de véritables explorateurs. Cela montre la nécessité pour la géologie de terrain de parcourir de vastes domaines pour construire un registre empirique le plus étendu possible.

réel que l'on peut rencontrer en géologie. L*'actuel sensible*, d'une part ne saurait être considéré comme suffisant pour construire un « *actuel* » géologique ; il n'est pas cet aspect du réel auquel il est possible d'avoir accès « *directement* » par la simple observation (selon l'idée commune qui consiste à considérer qu'une observation bien menée conduit à une véritable prise de contact avec le réel). Cela suppose donc une *déconstruction*, qui en écarte les idées communes, avec leur tendance à la fantaisie et à l'émotion, et une *reconstruction rationnelle* qui conduit à des énoncés scientifiques. Cette *rupture* (Bachelard, 1960) entre le sensible et le scientifique est un des éléments sur lesquels nous reviendront en partie didactique (2 page 101). D'autre part, l'*actuel instrumenté* n'est pas « moins direct » que l'actuel sensible. Il est au contraire une forme de réel scientifique en construction, par l'intermédiaire de ce que Bachelard nomme des « *théorèmes réifiées* » (Bachelard, 1933, p. 140). L'instrument constitue une sorte de prolongement sensoriel du sujet qui augmente ses capacités [10] de perception.

Si la distinction entre actuel sensible et actuel instrumenté ne s'avère par pertinente, nous avons eu l'occasion d'évoquer une autre distinction entre deux aspects du réel sur lesquels nous devons revenir maintenant. Il s'agit du réel de terrain et du réel de laboratoire

Réel de terrain / réel de laboratoire

Une autre articulation des formes de réel existe dans l'activité du géologue, qui ne dépend pas seulement de la méthodologie à laquelle il a recours : cette articulation se situe entre *le réel de terrain* et le *réel de laboratoire*(Orange *et al.*, 1999). Cette distinction est fondamentale pour définir la géologie, non seulement en tant que science de l'empirie mais surtout comme science historique.

Avant de réfléchir à cette distinction, une remarque s'impose ici : nous ne considérons pas ici l'actuel mais bien le réel. Nous ne nous limitons pas à l'actuel notamment parce que une grande part de la distinction que nous allons faire dépend du non-actuel. Pour le dire plus simplement : la différence que nous relevons entre terrain et laboratoire ne trouve pas son origine uniquement dans l'actuel. Les formes de non-actuel sont également distinctes entre le terrain et le laboratoire. Afin d'identifier cette différence fondamentale entre les deux modes d'accès au réel, nous prenons un exemple en comparant deux situations :

1. Une étude géologique sur un affleurement granitique (= *in situ*), destinée à dater le granite injecté dans des gneiss
2. Une analyse isotopique en laboratoire sur un cristal de zircon, destinée à dater ce même granite

10. Sans s'y substituer : l'instrument ne remplace pas le sujet dans la perception de l'actuel. L'actuel est seulement « filtré » au travers d'une « théorie réifiée »

Dans la situation (1), dite « *de terrain* », c'est principalement la position relative du granite par rapport à son encaissant qui fournit l'information majeure dans ce travail de terrain. Il est ainsi possible, en analysant les rapports de ce granite avec son encaissant, de déterminer les modalités de sa mise en place ainsi que son âge relatif : la mise en place de ce granite doit être nécessairement plus récente que le gneiss (principe d'inclusion). Cette analyse constitue une donnée de terrain. Dans la situation (2), dite « *de laboratoire* », la datation de ce granite par analyse isotopique sur un zircon donne un âge absolu au granite. Cette analyse constitue une donnée de laboratoire.

L'exemple que nous avons choisi est une situation « idéale » dans laquelle les données de terrain et de laboratoire viennent se croiser. Cela n'est pas le cas dans toutes les situations. Un échantillon de granite qui ne serait pas « en place », c'est-à-dire à sa position d'origine, ne pourrait pas fournir une telle information sur son âge relatif. Cet échantillon, hors de son contexte naturel, ne constitue donc pas un indice de terrain. Au contraire, un échantillon qui ne possèderait pas d'éléments permettant une bonne datation isotopique ne constituerait pas un échantillon de laboratoire très pertinent.

De ce point de vue, certains champs disciplinaires de la géologie sont plutôt proches du terrain, d'autres un peu moins. Nous voyons une nouvelle fois que c'est principalement dans le cadre méthodologique que se situe la différence entre terrain et laboratoire.

Mais il faut souligner le fait que le terrain représente l'objet d'étude ultime des recherches en géologie. En effet, le travail de laboratoire sur les objets du réel géologique ne constitue en soi qu'une étape : il s'agit pour le géologue d'un travail circonscrit à l'objet. Replacé dans son contexte global, cet objet représente un indice de processus géologiques qui ont eu lieu dans le passé et dont il peut en quelque sorte « témoigner ».

Le géologue de terrain qui souhaite reconstituer l'histoire géologique d'une région est donc amené à explorer une « actualité » géologique de terrain susceptible de lui fournir des informations. Les traces de terrain en géologie sont donc à considérer comme la construction d'un « actuel de terrain ». Comment une telle construction se fait-elle ? Quel procédé d'actualisation permet de produire, sur le terrain, des traces porteuses d'informationS pertinentes sur le passé géologique ?

1.1.3.2 La construction d'une actualité des objets géologiques : les traces géologiques

Construire les objets géologiques de terrain revient à construire une « *actualité* » de ces objets, c'est-à-dire révéler, pour les partager, les caractéristiques pertinentes de ces objets. Ces caractéristiques ont une spécificité forte du fait qu'elles sont mises en œuvre dans le contexte du « terrain ». C'est parce que ces objets sont

potentiellement des traces géologiques, et surtout qu'ils peuvent être construits comme tels, qu'ils possèdent un intérêt géologique.

L'étude de terrain en géologie : la construction des traces géologiques

Sortir sur le terrain permet de prendre contact avec l'« actualité » des objets géologiques : ces objets sont alors observables dans ce que le sens commun désigne par leur « *contexte naturel* ». Mais ce que nous devons considérer comme contexte naturel représente en fait le cas idéalisé d'un objet naturel n'ayant eu aucun contact avec l'humain auparavant, ni aucun contact susceptible d'en modifier les caractéristiques. Or ces caractéristiques sont justement celles que potentiellement le scientifique recherche. Ce qui signifie que cet objet ne doit pas avoir subi de modification *au regard de ce que la science de la nature qui l'étudie pouvait normalement prévoir*. Donc le cadre naturel de l'objet n'est pas un cadre déterminé par la nature dans laquelle on va pouvoir le rencontrer. C'est davantage un objet qui se trouve dans *un cadre théorique bien précis*, qui permet au chercheur de le rencontrer « dans la nature » à un endroit qui n'a rien de hasardeux, et qui peut être prévu (anticipé) par la théorie. Dans le cas des objets géologiques, le géologue recherche en général des affleurements au niveau desquels les processus récents (érosion, déplacements, notamment) n'ont pas endommagé les roches. Dans ce cas il peut travailler avec un objet le plus « propre » possible, le plus en adéquation avec le cadre théorique qu'il s'est fixé.

Hors de ce cadre théorique, l'objet n'a pas d'existence.

Cela a pour conséquence que le géologue ne va jamais sur le terrain au hasard. Il va en quelque sorte à la rencontre des objets géologiques pré-construits dans son cadre théorique de recherche. Pour le dire autrement : « *il sait quoi trouver* ».

Une fois le cadre théorique installé comme toile de fond, le géologue explore un terrain géologique, qui n'est donc plus un espace naturel au sens commun du terme. Dans ce contexte naturel, les objets géologiques sont à la place où les processus géologiques les ont installés. Cette phrase, qui n'a de sens que pour le géologue permet de considérer que la présence d'un objet géologique à un endroit précis caractérise le dernier lieu d'accomplissement de son histoire. Un certain nombre d'informations peuvent alors être déduites de cette présence : modalité de mise en place, origine, transport, érosion, âge, déformations...

Nous comprenons ici le rôle déterminant joué par ce travail sur le terrain. Proposez à un géologue de terrain de travailler dorénavant uniquement dans son bureau, son travail sera transformé en profondeur ! Nul doute d'ailleurs qu'il émettrait des réserves sur cette décision qui le priverait d'un accès fondamentale au registre empirique de son cadre de recherches. Nous pourrions dire d'une autre façon que si le géologue va sur le terrain, c'est parce que son laboratoire ne lui fournit pas les conditions de travail efficiente sur son objet d'étude.

Aller sur le terrain passe pour une part irremplaçable de la géologie... de terrain. Cela n'est pas le cas de tous les secteurs de recherche de la géologie. Nous évoquons ici la diversité des disciplines associées aux Sciences de la Terre. Au sein de cette diversité il est possible de faire une distinction entre les géologues qui vont sur le terrain et ceux qui travaillent « ex situ ». Les géologues de terrain passent souvent pour ceux qui ont gardé des méthodes de travail « à l'ancienne » : relevé de terrain, avec un petit carnet de note qui consigne chaque observation. Par opposition, on présente volontiers le géo-physicien ou le géo-chimiste dans son laboratoire, à proximité de nombreux appareils de mesure. Cette présentation caricaturale montre un hiatus pourtant assez réel dans la pratique de la recherche en géologie. Cette dualité du travail de la géologie va même jusqu'à consacrer les « sciences dures » qui priment largement devant le travail de terrain, qui joue dès lors un rôle subalterne.

Cette dichotomie est cependant atténuée par le fait que, comme dans tout travail scientifique, la collaboration scientifique de chacun conduit au partage des résultats de recherche : le géologue de terrain fournit des informations que n'a pas le géo-physicien et inversement.

Quoi qu'il en soit, nous voyons qu'il existe un réel enjeu à se rendre sur le terrain. Pourquoi se rendre alors « *in situ* » ? Qu'apporte le terrain dans le travail du géologue ? Pourquoi ce que le géologue fait sur le terrain, il ne peut le faire ailleurs ?

Le terrain pour accéder aux objets géologiques (de grande taille) dans toutes les échelles de l'espace

Nous souhaitons aborder brièvement ici deux aspects intéressants du travail de terrain en géologie : tout d'abord, l'opposition entre travail de terrain et travail de laboratoire, qui représentent deux pôles fondamentaux dans l'activité des géologues ; ensuite, les contraintes qui sont posées par le travail de terrain, du fait que celui-ci se met en place dans des environnements qui, à plusieurs points de vue, sont difficiles d'accès.

Terrain vs Laboratoire

Il est évident qu'il n'est pas nécessaire de se rendre dans la nature pour faire de la géologie. Une grande part du travail du géologue peut se faire en laboratoire. Mais il est également inconcevable de faire de la géologie sans avoir un contact, même partiel, avec les objets géologiques dans leur cadre naturel. Pour le dire de façon triviale, le géologue finit toujours par avoir besoin de se rendre sur le terrain. Voyons en quoi cette nécessité s'impose au géologue. Prenons pour cela un exemple afin d'illustrer ce besoin pour le géologue d'accéder aux objets géologiques de terrain. L'étude de la géologie des Alpes se construit à des échelles très différentes, depuis

le microscopique (le minéral) jusqu'à la méga-structure géologique[11] (la chaine de montagne). Ainsi l'étude d'un banc de calcaire à Nummulites par exemple (objet géologique pouvant avoir une taille déca à kilométrique), suppose d'aller rechercher de telles roches sur le terrain, de procéder à une partie de leur étude « *in situ* » et ensuite de recueillir des échantillons qui permettront leur étude au laboratoire. Le travail engagé se répartit selon deux pôles, que nous avons distingués dans le tableau 1.1 :

TABLE 1.1 – Un même objet d'étude : deux géologies

Géologie « in situ »	**Géologie « ex situ »**
Localisation spatiale Position relative aux autres objets géologiques Pendage Orientation Altitude Mesures diverses (épaisseur) Structures sédimentaires visibles Structures tectoniques visibles etc.	Analyse des caractéristiques pétrologiques de la roche : minéralogie, sédimentologie Observation microscopique des fossiles de nummulites Modélisation de la sédimentation du calcaire Modélisation des déformations de la roches Calculs des volumes, masses et autres grandeurs etc.

Nous montrons dans ce tableau que travail de terrain et travail de laboratoire portent sur des objets analogues, mais ont recours à des méthodologies différentes. La géologie de terrain se confronte ainsi préférentiellement, mais pas exclusivement, aux objets géologiques appréhendés dans leur *structure* (« *pattern* ») ; en revanche, la géologie de laboratoire se focalise davantage, mais pas exclusivement, sur les *processus* (« *process* ») mis en jeu dans la formation des objets géologiques.

Ainsi, l'organisation spatiale, et en conséquence, l'organisation temporelle, des objets géologiques de terrain, représentent une source d'informations empiriques différente de ce qu'elle serait dans le cas d'un objet géologique de laboratoire. Se rendre sur le terrain consiste donc en une prise de contact avec un registre empirique *à une échelle donnée*, qui n'est pas accessible depuis le laboratoire. Néanmoins, le travail sur le terrain réserve un certain nombre de contraintes face auxquelles le géologue doit trouver des solutions techniques et méthodologiques. Voyons en quoi ces contraintes de terrain conditionnent le travail du géologue.

11. La surrection des Alpes peut même être considérée comme un épisode d'une histoire mettant en jeu des objets géologiques encore plus importants en taille : les plaques lithosphériques.

Contraintes de terrain

L'un des problèmes auxquels doit se confronter le géologue, est celui de la construction d'une actualité de ses objets d'étude, autrement dit le recueil de *traces géologiques*. Il doit effectivement non seulement définir les objets sur lesquels portent ses virtualités mais également mobiliser les possibles qui permettent d'expliquer l'actualisation de ces objets. Il s'agit en fait, comme nous l'avons déjà évoqué plus haut, d'explorer un champ de contraintes entre un cadre théorique et l'empirie qui s'y rattache. Il s'agit donc d'appréhender l'actuel à partir d'un univers de virtualité a priori au sein duquel s'organise une rationalité, une cohérence susceptible de produire l'explication d'un phénomène. Le recours à cet univers d'abstraction suppose donc que l'on fasse appel à une parcelle de non-actuel, dans lequel on va pouvoir imaginer les possibles et mesurer leur capacité à s'actualiser. Pour le sens commun, il faudrait expliquer quel phénomène a produit la trace de terrain. Pour le géologue, il s'agit de dire quelle trace permet de proposer tel phénomène. Compte tenu de ces contraintes liées à la mise en œuvre des concepts de la géologie, nous pouvons envisager des contraintes qui sont davantage méthodologiques voire même pratiques, et qui s'imposent au géologue dès lors qu'il doit se rendre sur le terrain. Nous en présentons deux qui nous paraissent fondamentales :

- *La grande taille de certains objets géologiques* empêche de les rapporter au laboratoire pour les étudier. Le géologue ne peut dans ce cas ne transporter qu'une partie seulement de l'objet, ce qui peut l'amputer d'une part importante de ses caractéristiques. Plutôt que de ramener l'objet au laboratoire, le géologue peut ainsi transporter son laboratoire sur le terrain.
- *Les objets géologiques doivent être indemnes de toute dégradation* (activité humaine/animale/végétale, érosion...). Il est donc nécessaire de les appréhender dans leur contexte naturel, c'est à dire, exclure tout processus qui aurait modifié leurs caractéristiques susceptibles d'être un indice. Il s'agit en effet pour le géologue de confronter son cadre théorique avec un paysage dont il veut raconter l'histoire. Or cette histoire existe en partie sous la forme d'un agencement particulier des objets géologiques de terrain. Ces informations historiques ne peuvent être échafaudées que par l'intermédiaire d'une confrontation à l'empirie que l'on pourrait qualifier d'« *authentique* ». De ce point du vue, nous pourrions considérer le géologue comme un détective qui doit pouvoir accéder à une scène de crime qui n'a pas été « *falsifiée* » par des événements ultérieurs qui en auraient transformé les indices. On connait d'ailleurs des sites géologiques réputés, qui bénéficient de dispositifs particuliers de protection contre le vandalisme ou la récolte sauvage de fossiles afin que le travail des géologues, entre autre, puissent se faire sur un site préservé [12].

12. Le site des schistes de Burgess, au Canada, par exemple est interdit d'accès aux touristes.

Donc si le géologue se rend sur le terrain, c'est que ce terrain représente la part de l'empirie qu'il ne peut appréhender que véritablement « *in situ* ». On pourrait aller jusqu'à imaginer une démarche de terrain qui ne se fasse pas réellement sur le terrain. En effet ce terrain désigne un espace naturel dont on veut reconstituer une histoire. Car la place que prennent ces objets géologiques les uns par rapport aux autres est déterminante pour retracer la succession des événements qui ont conduit à ce qu'on les trouve *ici et maintenant*. Expliquer leur présence ne réside pas seulement dans la mise en œuvre d'une phénoménologie, au reste indispensable. Mais le géologue doit pousser plus loin son enquête : il ne peut se contenter de rassembler un cadre théorique qui explique les phénomènes en jeu dans la mise en place de telles structures géologiques. Il doit organiser ces phénomènes dans le temps. En présentant une suite ordonnée de phénomènes individualisés (nous verrons plus loin ce qui nous permet de les nommer alors « événements »), le géologue reconstitue une histoire géologique.

Le terrain est donc cette part du registre empirique qui donne lieu à une insertion des explications géologiques dans les *temps linéaires*. C'est la mise en œuvre des principes théoriques et méthodologiques de la géologie qui conduisent alors, à l'aide du terrain, à penser une chronologie des objets géologiques. L'organisation spatio-temporelle de ces objets a besoin qu'à un moment le géologue se soit confronté à une forme d'actualité de ces objets : l'agencement de ces terrains permet de *faire parler les virtuels du géologue*. Et c'est en les mettant en concurrence dans une enquête de terrain qu'il pourra « *dire ce qui s'est produit* », à l'image de l'enquêteur qui doit déterminé la succession des événements à partir des bribes laissées par les protagonistes.

Comment cette mise en œuvre des principes méthodologiques de la géologie permet-elle de reconstituer une temporalité des objets ?

Conclusion : l'empirie constitue un actuel « témoin » de son passé

Avec ce problème posé par l'empirie, nous entrons en plein dans notre problématique liée au registre empirique de terrain. L'objectif du géologue de terrain se met en place autour de deux axes :

- ≻ expliquer les structures géologiques qui sont visibles dans la nature
- ≻ reconstituer l'histoire de leur formation

Ce double objectif représente deux versants de l'explication que le géologue est amené à construire sur le terrain : une explication des processus (*process*) et

Un dispositif permet de prévenir toute intrusion qui mettrait en péril la pérennité du site. Seules quelques chèvres sont encore autorisées à paitre à proximité, ce qui pourtant pourrait endommager les objets géologiques exploitables. Un certain nombre de sites classés par l'UNSECO sous le label Geopark, sont reconnus pour leur valeur « *géo-patrimoniale* », et sont eux aussi protégés.

une explication des structures (*pattern* [13]). En envisageant de replacer ces objets dans une temporalité, le géologue se confronte à une autre dimension des objets géologiques de terrain : leur évolution au cours du temps.

Conclusion

Le réel ne se perçoit pas, il se construit. Cette construction mobilise des représentations du monde, qui sont des images interprétatives. Ces images se construisent elles-mêmes sous l'influence de l'imaginaire du sujet et d'une « *sphère d'apparaître* » des objets. Mais ces objets ne sont donc pas perceptibles dans leur réalité « *en soi* ».

D'autre part le réel ne peut se réduire à « *ce qui se produit* » et apparait devant le sujet pensant. Nous privilégions le terme d'« *actuel* » pour désigner le fait que les objets acquièrent une existence par leur « *actualisation* », accomplissement de l'objet dans le vécu du sujet. Mais ces objets existent également dans un « non-actuel », univers virtuel de la pensée humaine. Nous considérons donc que le réel existe sous la forme d'une articulation de l'*actuel* et du *non-actuel.*

Les sciences de l'empirie semblent avoir un rapport particulier avec l'actuel : l'actuel serait la cible de toute recherche empirique. Mais c'est là une vision commune qui ignore que les sciences empiriques existent avant tout dans le *non-actuel* qui configure les objets du réel dans ce qu'ils ont de *possible* et de *probable*. Et c'est donc dans le *virtuel* que la science construit ses explications sur le monde, à la recherche des possibilités de leur actualisation (ce qui peut se produire). Ces possibles peuvent être « *logiques* » au service de la rationalité, mais dans ce cas ils intéressent peu l'actualisation ; ils peuvent être « *ontologiques* » si la question de leur actualisation se pose véritablement. Cependant les sciences de l'empirie ne peuvent se contenter d'une explorations des possibles. Comprendre l'actualisation possible d'un objet ou d'un événement relève en effet de la recherche du probable.

Le probable se construit en premier lieu sur la recherche des possibles, qui restreint les virtuels par un certain nombre de contraintes empiriques et théoriques. Cette exploration des possibles se fait par recherche des *nécessités.* La *mise en cohérence* de ces possibles conduit ainsi en ce que nous pourrions désigner par une *configuration des événements probables.*

L'*actuel* représente donc le registre des phénomènes et des objets (le « *registre empirique* ») ; Le *non-actuel* représente le registre des abstractions scientifiques (le *« registre théorique* »).

13. Nous faisons ici un emprunt de vocabulaire aux sciences de l'évolution, qui sont « par excellence » des sciences historiques et qui permettent de penser les modes d'explication qui ciblent la diachronie. Nous aurons l'occasion de revenir plus en détail sur cette dénomination dans la section 1.2 page 45).

Le réel de la géologie ne se cantonne pas à un réel expérimental. Il est aussi, et avant tout, un *réel de terrain*. C'est à dire que les objets qui en constituent l'empirie sont des objets de terrain, des objets que l'on rencontre « *in situ* », et non pas en laboratoire. Les objets de terrain ont entre eux des relations qui sont porteuses de sens pour le géologue qui sait lire les traces de terrain. Ce sens est porté par une « mémoire » que l'on attribut symboliquement aux indices géologiques qui ont dès lors le statut d'*archives du passé*. La géologie de terrain, si elle se dissocie fortement des formes expérimentales du réel des géosciences (géophysique, géochimie, ...) demeure indispensable à son ancrage dans l'exploration de l'empirie.
Les objets actuels et non-actuels de la géologie ont cependant un statut particulier dès lors que l'on tente de les comprendre d'un point de vue *historique*. L'introduction du temps dans l'existence des objets géologiques conduit à mobiliser une forme d'actuel particulier : un actuel « passé », c'est à dire un actuel qui est non-présent, *mais qui l'a été*. Il diffère en cela d'un non-actuel strict tel que l'on peut le trouver dans les sciences à haut niveau d'abstraction telles que les mathématiques. Ainsi, l'« *actuel passé* » que représente l'empirie est un non-actuel : il se recompose à partir de l'actuel présent grâce aux abstractions de la science qui est capable d'en reconstituer les caractéristiques. En mobilisant le non-actuel, l'actuel passé se construit : il est une forme de non-actuel mais ayant des attaches directes avec l'actuel. C'est un non-actuel très fortement lié à son pouvoir d'actualisation. Il est totalement dépendant de notre capacité à projeter vers le passé un actuel présent.

Si nous considérons donc que la conception des objets géologiques se fait au travers d'une phénoménologie, alors les objets géologique pré-existent dans le non-actuel. Or le réel géologique qui nous intéresse est un réel de terrain, fait des objets géologiques à un moment précis de leur histoire.

Comment inclure cette réalité des objets géologiques dans une histoire ? Comment ordonner les événements géologiques, reconstitués à partir de ces objets au sein d'une histoire ? Chaque objet étant appréhendé dans son actualité présente, comment le *non-actuel présent* peut-il conduire à la construction d'un *actuel passé* ?

Cela suppose de construire les objets de l'actuel comme provenant du passé. Reconstituer une histoire des objets géologiques de terrain impose donc de les insérer dans une *temporalité*. Il nous faut donc voir en quoi la géologie de terrain se confronte directement à la question du temps.

1.2 LA GÉOLOGIE DE TERRAIN ET LA QUESTION DU TEMPS

Nous ne nous engagerons pas dans une définition du temps en science tant cela relève d'une aporie (Lecourt, 2006). Néanmoins il nous semble interessant d'en dresser les contours nécessaires à nos recherches.

La perception sensible du temps est problématique du fait que les niveaux d'abstraction qui lui sont associés sont très élevés. Le sens commun s'accommode en général très bien de cette abstraction en faisant « porter la responsabilité du temps » à des objets concrets, qui, pour ainsi dire, se substituent entièrement à notre temps perçu. Ainsi, dans la vie de tous les jours, nul n'est besoin de se préoccuper de notre performance à percevoir le temps : nos montres, horloges et chronomètres nous rendent ce service. Seuls ces questionnements voient le jour quant on se demande si nous sommes bien capables de percevoir le temps qui passe, mobilisant ainsi une philosophie spontanée.

Le temps ne dit rien de ce qu'il désigne, il est une apparence de savoir et d'expérience immédiate (Klein, E in Lecourt, 2006, p. 1074-1079). Il est pour ainsi dire impossible à objectiver : on ne peut en faire un objet même conceptuel. Il semble dès lors indéniable que le temps soit subjectif, même si aucun sens ne lui soit dédié. On peut en effet difficilement considérer qu'il soit un *« temps sensible »* car la perception directe du temps ne peut se concevoir comme nos autres capacités à percevoir les phénomènes du monde. Le temps est bel et bien une construction entière de la pensée. Il n'y a pas de phénoménologie du temps. Le temps ne se produit pas à nous en tant que phénomène. Nous serions tentés de dire que le temps n'est fait de rien et mais il est impossible de nier son existence.

Dans l'attente de trouver quelques éléments de définition, peut être pouvons-nous faire le choix d'une définition imagée de Klein :

> « *Le temps est le moyen le plus commode qu'a trouvé la nature pour que tout ne se passe pas* d'un seul coup » (in Lecourt, 2006, pp. 1074-1079)

Nous tentons donc dans cette partie de dresser plus précisément une caractérisation du temps, autour de trois axes de réflexion : le temps vécu ; les formes du temps ; le temps des scientifiques [14].

14. Pour être plus précis, nous entendons par « temps des scientifiques », un temps *construit* par les scientifiques. C'est aussi le temps *utilisé* par les scientifiques. Il diffère en cela du temps de sens commun et du surtout du temps considéré comme uniforme (temps dont les diverses formes se confondent en un seul et même *temps commun*).

1.2.1 La perception du temps : le temps vécu

La question de savoir si le temps se vit en chacun de nous pourrait sembler éloignée de notre propos ; elle trouve cependant sa place dans notre problématique dans la mesure où nous étudions des situations qui réclament de se faire une idée des événements géologiques passés, qu'il faut reconstituer le long d'une construction exigeante fondée sur *le temps qui passe*. Cette formulation « *commune* » restera profondément pertinente dans les questionnements que nous allons engagés.

Nous souhaitons montrer ici d'une part que le temps vécu est une construction du sujet conscient de la *durée* des événements au travers d'une perception des *instants*, et d'autre part que diverses formes de temps sont produites de par cette construction de la durée comme objet de la pensée.

1.2.1.1 Le temps vécu : un temps phénoménal ?

Bachelard (1931, 1963) a produit deux ouvrages dans lesquels il analyse la question du temps. L'un, dans une approche rationnel que l'on reconnait chez cet auteur, pose la question de la *durée* (Dialectique de la durée, Bachelard, 1963) ; l'autre, plus ancien et d'une tonalité davantage poétique, est d'un grand intérêt pour notre compréhension de *l'instant* (L'intuition de l'instant, Bachelard, 1931).

Si nous suivons cet auteur, la définition du temps est à rapprocher de celle du *moi phénoménal*. Ainsi le temps n'existant que dans sa relation au moi, le sujet n'a conscience du temps que parce qu'il a conscience de son existence. Mais pour Bachelard, la conscience du temps est une conscience de la durée. Et ce sont les instants, en tant qu'expérience du monde sensible, qui sont perceptibles par le sujet pensant.

Ce qui nous conduit à poser *« l'antériorité et la primauté de la conscience de l'instant par rapport à celle de la durée »* (in Pichon, 2012, p. 21). A la différence de Bergson, qui considère que l'instant est pensé et construit comme une abstraction, ce qui en fait « *un objet mental dépourvu de toute référence au réel sensible et au temps vécu* » (in Pichon, 2012, p. 28), Bachelard range, lui, l'instant dans l'univers de la *perception*, et renvoie la durée à celui de la *conscience*. Nous suivons Bachelard sur ce point en considérant que ce sont les *instants perceptibles*, qui constituent le temps perceptible.

Chaque instant représente ainsi une *discontinuité* dans le cours de l'existence du sujet. Et c'est donc la *discontinuité du temps*, perçue comme *discontinuité du moi* qui conduit le sujet à construire une *durée* des objets du monde. Mais si, selon Bachelard (1963), notre perception du temps est discontinue et se focalise sur l'instant, ce n'est donc pas le temps que l'on perçoit, mais plutôt des sortes de *jalons temporels* qui permettent de le reconstruire a posteriori. Instant et durée ne diffèrent donc pas d'un point de vue quantitatif (l'instant considéré comme une

durée infime, minimale). Ils diffèrent en *nature*. L'*instant est perçu*, il fait partie d'un monde sensible. La *durée est construite*, elle est le fruit de la pensée. Ce qui nous conduit à considérer que :

> « *Le temps n'a qu'une réalité, celle de l'instant* » (Bachelard, 1931)

Mais l'instant comme forme de temps subjectif « *a manifestement une structure dissymétrique. Le passé nous semble écrit, figé. Nous pouvons certes nous souvenir de lui mais nous ne pouvons plus le sentir passer. Quant au futur, si tendue que soit notre volonté, il nous parait incertain, sans attache solide avec le réel, a priori multiple. Dans la vie courante, passé et futur ne sont pas équivalents* » (Lecourt, 2006, p. 1076). Le futur subjectif nous semble donc inaccessible. Mais le passé, de façon dissymétrique, peut se construire en nous par notre capacité à nous souvenir. Ainsi, si la conscience du temps s'établit par construction de la durée, c'est notre *mémoire* nous permet cette construction : « *Bachelard montre que la durée est construite par notre cerveau parce qu'il possède une fonction de mémoire* » (Pichon, 2012). La succession des instants confèrerait au temps une « *épaisseur* » en durée. Cette succession des instants est, selon Bachelard, *rythmique* :

> « *ce qui dure n'est pas ce qui coule de manière continue, mais ce qui recommence, ce qui est re-pris* » (Pichon, 2012, p. 41).

La durée, c'est le rythme des instants. Mais cette continuité n'est jamais vécue, elle est toujours construite.

Il existe donc, dans la construction de la durée, une réalité phénoménale, qui n'est pas pure abstraction. Nous sentons la durée dans le rythme des instants. Ce rythme ne pouvant se concevoir que dans la discontinuité du temps vécu, construire la durée, c'est *construire la continuité à partir de la discontinuité.* La discontinuité phénoménale des instants nous permet de concevoir la continuité ; mais celle-ci n'est pas la continuité réelle, même si elle en a tous les attributs. Ainsi *« lorsque la science construit un temps continu, c'est par une exigence méthodologique, en vue d'expliquer et de comprendre certains phénomènes* » (Pichon, 2012, p. 61).

1.2.1.2 Les formes du temps

Temps quantitatif / Temps qualitatif

Nous reconnaissons donc dans la construction du temps une origine principalement méthodologique qui dépasse largement le questionnement sur son existence « en soi ». En fait si nous usons autant du temps, c'est que sa mise en œuvre possède une fonction essentielle de configuration que nous voulons explorer ici dans nos recherches.

Cependant, dans cette mise en œuvre du temps, nous pouvons remarquer une variété de formes qui n'est pas sans influencer nos explications sur le monde. Nous présenterons deux aspects principaux :

Le temps quantitatif : c'est la temps pensé dans sa *mesure*. Il s'agit avec cette forme de temps de considérer la durée, et surtout la quantité de durée qui construit cette forme de temps.

- ≻ Le *temps court* : c'est le temps humain.
- ≻ Le *temps long* (ou temps profond) : C'est le temps dont la durée dépasse les capacités humaines d'imagination.

Le temps qualitatif : c'est le temps dans sa nature méthodologique[15]. Selon les représentations que l'on mobilise pour « utiliser » le temps, celui-ci est dit soit « linéaire » soit « cyclique ».

- ≻ Le *temps linéaire* (ou temps sagittal) est représenté symboliquement par une flèche (« la flèche du temps »).
- ≻ Le *temps cyclique* ou temps circulaire est le temps représenté symboliquement par un cercle. C'est le temps qui recommence, « *qui fait des boucles* » (Lecourt, 2006, p. 1075).

Temps court /temps long

Le *temps court* est celui que l'on rattache à l'existence humaine. C'est le temps dont la durée peut être imaginée par l'humain. C'est un temps accessible. L'humanité se partage cette notion du temps. C'est un temps commun. La durée des temps courts se construit par configuration du temps vécu. Les instants, organisés dans l'existence, permettent la construction de la durée.

Le *temps long* c'est le temps incommensurable de l'imagination humaine[16]. C'est le temps dont la durée ne se construit pas : les capacités cognitives de l'humain sont incapables de construire cette forme de temps comme elles le font avec les temps courts. C'est probablement parce qu'il n'est pas possible de mobiliser des instants (au sens de « occurrences temporelles perceptibles ») dans une configuration des temps longs. Cela suppose donc de recourir à d'autres procédés pour conceptualiser cette forme de temps.

En conclusion, nous pouvons dire que la distinction entre temps courts et temps longs relève de la capacité des humains à s'en faire une idée. Se faire une idée des temps longs est donc bel et bien un obstacle majeur à la compréhension des phénomènes très lents ou de très longue durée. Nous aurons l'occasion d'évoquer cet aspect important dans la partie (voir section 2.2 page 138).

15. Nous rappelons qu'en aucun cas nous ne cherchons à qualifier le temps « en soi ». Cela n'a pour nous ni de sens, ni d'utilité dans nos recherches.

16. Bien évidemment ce temps est *mesurable* en physique (par exemple en radiochronologie) : cela ne signifie pas pour autant que l'humain soit capable de s'en faire un concept solide.

Temps linéaire / temps cyclique

Il existe une articulation problématique entre temps linéaire et temps cyclique mais qui ne relève pas comme la précédente d'une difficulté de « conception ». Elle est davantage d'ordre *méthodologique*. En effet, la distinction entre ces deux formes de temps peut se faire en prenant en compte les usages qu'en font les scientifiques.

Le temps linéaire : c'est une succession d'instants qui donnent une « *épaisseur* » en durée au temps (Lecourt, 2006). Un axiome de *continuité du temps linéaire* est de même posé de telle manière que des événements peuvent se chevaucher mais il n'existe *aucune lacune de temps linéaire* : seuls les lacunes d'événements sont possibles. Cela signifie que ce qui peut manquer, c'est notre capacité à organiser les événements dans les temps linéaires. Pour le dire autrement : il se passe toujours quelque chose, mais nous n'avons pas toujours les éléments pour reconstituer ce qui se passe (ce qui s'est passé). Le temps linéaire, c'est la pré-figuration du *temps continu*, construit à partir des instants discontinus.

Le temps cyclique : il s'oppose au temps linéaire sur deux points majeurs. D'une part, la flèche du temps se replie sur elle-même, si bien que le temps « *fait des boucles* ». C'est donc un temps qui se répète. Un cadran de montre à aiguilles représente assez bien cette forme de temps. D'autre part, le temps cyclique a des rapports « problématiques » avec la causalité : les règles de la causalité imposent que la cause soit antérieure à ses effets. C'est en fait la part de linéarité qui reste attachée au temps cyclique (en d'autres termes : même si elle se referme sur elle-même, la flèche du temps linéaire persiste dans le temps cyclique) qui oblige les causes à précéder leurs effets. Le temps cyclique brouille ce principe. La physique, grande consommatrice de temps cyclique est alors dans l'obligation d'évacuer le temps afin de gommer le problème que celui-ci pose à la causalité.

Conclusion

En conclusion, la perception du temps est problématique, non seulement parce que le temps est souvent démesuré dans les phénomènes que l'on étudie en science, mais également parce qu'il prend des formes variées du fait de méthodologies différentes dans les sciences. C'est bien la durée qui est un objet de la pensée.

Le temps lui n'existe pas en tant que tel. Et il ne se perçoit pas en lui-même. C'est une aporie universelle. Il ne peut être appréhendé qu'au travers des instants perçus par le sujet sensible. Les moyens mis en œuvre par l'humain pour percevoir ou mesurer le temps confère au temps des variétés de formes : temps longs/courts, temps linéaires/cycliques.

Seuls les instants, considérés comme occurrences ponctuelles de l'existence, sont perceptibles et permettent de construire la durée.

Mais quelle forme de temps mobiliser/construire pour reconstituer l'histoire géologique ?

Nous devons nous tourner vers les scientifiques pour savoir à quelles formes de temps ils ont recours.

1.2.2 Le temps construit par la science

Le temps tel qu'il est mis en œuvre par les scientifiques en général peut être présenté selon deux approches. La première nous amène à réfléchir aux *formes* de temps que la science construit. La deuxième nous conduit à préciser comment la science procède pour *écarter le temps* et se passer ainsi des difficultés qui y sont attachées.

1.2.2.1 Quel temps la science construit-elle ?

Nos questionnements sur le temps, notamment dans l'objectif d'en restreindre la définition au champ de la science, nous conduisent à évoquer trois aspects importants du temps tels qu'il a été considéré par les physiciens : le temps réversible, le temps relatif, le temps émergent.

Newton considère le temps comme réversible. Cela permet de remonter le temps sans remettre en cause les lois de la physique et de la dynamique. Le temps de Newton est un temps linéaire « *qui s'écoule* » mais son courant peut être remonté. Prigogine (1993) s'oppose à cette vision du temps : le temps linéaire impose une direction temporelle aux processus qui ne peuvent s'inverser.

Cette approche newtonienne est reprise par Kant qui dissocie ainsi clairement le cadre spatio-temporel des événements et les événements eux-mêmes (Klein in Lecourt, 2006, p. 1076). Selon Kant, temps et espace sont « *les formes* a priori *de la sensibilité, celles qui conditionnent justement la possibilité de la connaissance des phénomènes* » (Klein in Lecourt, 2006, p. 1076).

La relativité du temps telle qu'elle est présentée par la physique moderne modifie également fortement les formes de représentation du temps. Ainsi, alors que temps et espace composaient le cadre naturel dans lequel tous les phénomènes physiques se produisaient, le théorie de la relativité a en quelque sorte inverser la conception d'un temps « encadrant » les processus. Ce renversement conduit à faire que temps et espace, ne sont pas les « contenants » des phénomènes : « *ce sont les phénomènes physiques eux-mêmes qui les définissent et les déterminent* » (Klein in Lecourt, 2006, p. 1076). Cette dimension nous parait fondamentale dans le sens où, dès lors que ce sont les phénomènes qui déterminent le cadre dans lequel évoluent les objets du monde, ils gouvernent également leur évolution. Replacés dans les temps

linéaires, ces phénomènes conduisent à modifier le cadre (et les lois) dans lequel elles s'appliquent. Ce cadre est donc un cadre évolutif dans lequel les lois changent car elles ne s'appliquent plus aux mêmes objets. Temps et espace se retrouvent ainsi, non pas encadrant les processus, mais encadrés par ces processus, qui en définissent le cadre général. Dans notre approche de l'histoire, cette inversion nous conduit à penser que ce n'est pas le temps qui nous permet de penser les événements, mais bel et bien l'inverse : les événements configurés dans une chronologie donne corps au temps.

Enfin pour Bolztmann, la flèche du temps serait celle qui conduit de l'ordre au désordre. Elle suivrait un chemin linéaire en direction d'une plus forte entropie. Mais ces conceptions portent principalement sur une approche microscopique des processus. Ainsi, à l'échelle microscopique, les phénomènes physiques seraient réversibles, car non-dirigés ; à l'échelle macroscopique, les phénomènes seraient irréversibles, dirigés, car complexes. La forme de temps mobilisée dans les explications dépend donc de l'échelle à laquelle se fait l'investigation. Et de ce fait, le temps linéaire est un temps qui n'est pas dépendant de la somme des propriétés des objets à l'échelle inférieure. Ce temps linéaire est *émergent*. Et ainsi, selon Prigogine (1993), il existe bel et bien une flèche du temps, mais le niveau microscopique crée l'illusion qu'il n'y en a pas.

1.2.2.2 Le temps mis à l'écart

Dans la plupart des situations où les scientifiques se confrontent à des phénomènes, il n'y a pas de problème de temporalité. Soit le temps est écarté, simplement parce que les processus qui entrent dans les explications scientifiques n'ont pas besoin de respecter un ordre imposé par la succession des événements ; soit parce que le temps est traité comme les autres variables des systèmes étudiés. L'explication scientifique, dans de telles situations relève donc davantage d'une « *mécanique* » : l'enjeu, pour le scientifique est d'en décrire le fonctionnement.

Mais s'il n'y a pas de contraintes de temps pour les phénomènes, il n'en est pas de même pour les événements pour lesquels *succession et causalité se confondent* (Lecourt, 2006).

Le temps linéaire impose l'histoire : les événements se succèdent au fil du temps et imposent au monde de changer. Le temps linéaire est lié au *changement*. Par contre le temps cyclique, mobilise des lois qui imposent la stabilité, l'immobilité. Le temps cyclique est lié à la *stabilité*. Nous voyons donc que s'opposent deux conceptions de la notion de temps dans l'usage qui en est fait dans la science : *changement* et *stabilité* (voir tableau 1.2).

Table 1.2 – Changement et stabilité

Temps linéaires	**Temps cycliques**
Histoire	Système
Changement	Stabilité
Succession et causalité	Causalité atemporelle

Conclusion

En conclusion, le temps dans la science moderne, a subi deux évolutions majeures. La première l'a destitué de son statut de cadre général des phénomènes physiques du monde. Le temps n'organise donc pas le monde. Ce sont les phénomènes qui s'y produisent qui nous permettent de construire a posteriori un temps de la science. Une deuxième évolution a fait que, si les temps cycliques sont indispensables pour construire les phénomènes, les temps linéaires confirment, eux, leur primauté dès lors qu'il s'agit de reconstituer une histoire réelle du monde.

Ces formes de temps, dans le cas des sciences empiriques, présentent des spécificités. En effet, la reconstitution d'une *histoire géologique* s'impose comme une science historique qui a pour objectif ultime la reconstitution des événements ayant impliqué les objets géologiques dont on peut retrouver des traces.

Mais le temps en science est une variable souvent écartée. D'abord parce qu'il n'est pas une variable indispensable à la plupart des phénomènes. Ensuite parce qu'il ne constitue pas un cadre dans lequel se produisent les événements du monde. Le temps ne pré-existant pas aux événements, ce sont les événements du monde qui donnent une existence au temps.

Comment dès lors la géologie construit-elle la succession des événements de l'histoire géologique ? Et comment construit-elle ainsi les temps géologiques ?

Nous devons rechercher quelles formes prennent les temps en géologie.

1.2.3 Diversité des formes de temps en géologie

La reconstitution d'une histoire géologique suppose que la temporalité y soit contrôlée. Or la géologie, depuis les tous premiers questionnements des savants sur le monde minéral, mobilise des formes variées de temps que nous présentons ici. Nous reprenons ainsi les distinctions faites ci-dessus entre *temps quantitatifs* (Temps longs/Temps courts) et *temps qualitatif* (Temps linéaire/Temps cycliques) et nous analysons également deux autres formes de temps que l'on peut trouver en géologie. Cela nous conduira à montrer en conclusion que parmi ces formes de temps, certaines nous intéressent particulièrement dans la mesure où elles se construisent comme des *nécessités historiques* et jouent de ce fait un rôle important dans les reconstitutions historiques en géologie.

1.2.3.1 Temps courts et temps longs en géologie

Les premiers textes qui tentent d'expliquer le passé de la Terre, comme celui des Météorologiques d'Aristote, mobilisent des formes de temps typiquement *anhistoriques* (Ellenberger, 1988, p. 16) qui se caractérisent par leur immensité incommensurable. Les préoccupations sont en fait davantage centrées sur le *monde* que véritablement sur la « *Terre* » :

> « *L'homme ne commence à dissocier ses réflexions sur la terre de celles sur le monde qu'après la révolution astronomique (Copernic, Galilée)* » (Gohau, 1987, p. 7)

Avant cette révolution astronomique, il importe peu de mesurer temps et espace du monde. Ce sont des grandeurs considérées comme inaccessibles. Le monde est alors régi par des lois universelles et perpétuelles. Mais dans le monde sublunaire (Terre et Météores), c'est le désordre qui règne. Tout ce qui concerne la vie humaine est fait de fugacité, et est voué à s'éteindre un jour. C'est dans cette opposition majeure qu'Aristote concevait les *temps longs au ciel*, alors que sur Terre, les *durées étaient brèves* (Ellenberger, 1994, p. 34).

Straton De Lampsaque, mettant en œuvre ce que Ellenberger voit comme une méthode expérimentale (Ellenberger, 1988, p. 19) explique le transport et le dépôt de sables et limons dans le Pont Euxin (Mer Noire) et mobilise à ce propos des *temps longs* , « *illimités* » (Ellenberger, 1988, p. 21) mais engagés dans un processus qui possède un *début*, un *milieu* et une *fin*[17].

De même, Strabon, Hipparque et Erathosthène élaborent des explications sur les submersions possibles ayant conduit à la présence de sédiments accumulés. Ces submersions sont envisagées seulement à l'échelle locale et sans engagement dans une histoire véritable :

> *« Ce sont là des durées longues étrangères à l'histoire, car sans événements contingents* » (Ellenberger, 1994, p. 34).

Il faut se tourner vers la Bible pour comprendre que le temps, restreint à ses limites « humaines » permettant d'envisager l'histoire, enferme le monde dans les *temps courts*. Comme le précise Gohau : *« les durées sans limites faisaient peur* » (Gohau, 2003, p. 20). La religion, en écrivant l'histoire de l'humanité, utilise des temps courts. Selon Ellenberger, cette usage des temps courts pourrait s'expliquer dans le besoin de construire une histoire « *bien meublée* » (Ellenberger, 1994, p. 35), riche *d'événements*. Nous voyons ici un aspect de ce que nous avons déjà évoqué, qui concerne l'« *épaisseur du temps* » et qui repose en partie sur sa « *teneur* » en événements, déterminante pour construire la durée. Sans science

17. Nous pouvons y voir là les indicateurs d'un temps historique (linéaire) à moins que ce ne soit une façon de présenter une cyclicité des phénomènes, la fin d'un phénomène se poursuivant par le début du suivant.

géologique (avant la fin du XVIIIe elle n'est pas constituée) pour apporter des explications historiques, les chronologies se composent de trop rares événements, et les durées restent courtes. Quoiqu'il en soit, la religion, en imposant l'histoire dans les textes sacrés, impose du même coup les temps linéaires. Et elle place au cœur de cette histoire... l'Homme. Il en est de même des textes qui tentent de décrire les processus qui sont à l'œuvre dans la nature. Ces formes de temps montrent également les rapports profondément anthropocentrés que l'homme a établi avec son environnement depuis qu'il a tenté d'en expliquer le fonctionnement et l'histoire.

Avec Buffon qui présente ses calculs de l'âge de la Terre, les temps longs s'imposent face au sens commun et aux impératifs religieux (Ellenberger, 1994). Envisager des temps longs, voire démesurés devient possible. C'est ce que feront certains savant, parfois de façon volontairement subversive à l'image de De Maillet (1656-1738) qui, dans son « Telliamed » propose des durées géologiques énormes mais sans pouvoir vraiment les étayer d'arguments solides (Ellenberger, 1994).

Mais le personnage le plus emblématique de l'invention du temps profond, est James Hutton (Gould, 1990). La théorie plutoniste, portée par l'œuvre de Hutton [18], rompt avec le temps linéaire des neptuniens (Ellenberger, 1994 ; Orange-Ravachol, 2003).

Ainsi les temps longs sont, dans cette œuvre majeure, totalement imbriqués dans les temps cycliques (voir section1.2.3.2). Le récit neptunien d'une Terre qui s'use sous l'action de l'eau et qui est ainsi conduite à la ruine est rejeté par Hutton. Celui-ci mobilise le feu comme énergie à l'origine des processus, mais également et surtout, envisage la Terre dans une perpétuelle restauration. Les nouveaux reliefs créés ne peuvent provenir que de forces de soulèvement totalement exclues par les neptuniens. Cette approche de la cyclicité des restaurations de reliefs installe donc une conception des « *temps profonds* » (Gould, 1990, p. 19), c'est à dire les temps longs, qui président aux processus à l'œuvre sur Terre depuis la nuit des temps. Si l'on associe Hutton à cette « invention » des temps profonds, c'est à Lyell qu'il faut en attribuer la mise en forme dans son *Principles of Geology* (1830-1833). De ce point de vue, la géologie anglo-saxonne naissante à la fin du XVIIIe montre, selon Gould (1990) une véritable caricature de bataille de scientifiques autour de l'avènement des « temps profonds ». Les enjeux, ce ne sont pas vraiment les temps longs, mais bien plus les méthodes utilisées pour les porter sur le devant de la scène. Ainsi Hutton, qui n'a que peu prospecté sur le terrain avant de présenter ses travaux [19], passe à l'époque pour un grand empiriste, et il s'en revendique, à une époque où « *la tradition empiriste [...] s'est solidement implantée dans la géologie* » (Gould, 1990, p. 119). Werner, qui porte la théorie neptunienne, subit un discrédit

18. James Hutton, *Theory of the earth*, 1680
19. 1785, alors que son ouvrage *Theory of the earth* sera publié en 1795

démesuré. Il passe pour un savant enfermé dans son laboratoire, coupé du terrain.

Avec Hutton, c'est en quelque sorte le temps quantitatif qui fait son apparition dans la géologie naissante. Le temps profond s'installe dès lors comme un temps quantitativement incommensurable.

1.2.3.2 Temps linéaires / temps cycliques en géologie

Nous avons évoqué dans les paragraphes précédents le temps en tant que grandeur, c'est à dire le *temps quantitatif*. Mais nous avons vu également une seconde forme avec laquelle il cohabite : le *temps qualitatif*. Avant d'analyser comment ces formes de temps sont nées dans la géologie, rappelons tout d'abord ce qui les différencie :

La temps linéaire : c'est le temps de l'histoire, ou temps sagittal. C'est le temps qui se déroule de façon irréversible. Il est jalonné d'événements qui en constituent la « *matière* », le *contenu*. Il est associé à un début, (une naissance) et une fin. Entre le début et la fin se déroule ce que le langage courant nomme une histoire (mais, qui, comme nous le verrons plus loin, prend des formes extrêmement variées).

Le temps cyclique : c'est une autre forme de temps, très présente à la fois dans la vie commune (calendriers, rythme jour/nuit, cycles menstruels, cycles lunaires, cycles saisonniers, ...) que dans la pensée scientifique (cycle mitotique, cycle de Wilson, cycle de l'eau ou du carbone, cycles astronomiques, ...).

Ce qui différencie ces deux formes de temps, c'est bien leur *nature*. Les modèles et représentations qui se mettent en place en mobilisant ces formes temps sont innombrables et répondent à des besoins différents dans la construction des explications en sciences de la terre. Nous souhaitons montrer que dans le passé historique de la géologie, ces formes de temps ont cohabité mais ont surtout fini par s'hybrider dans des formes nouvelles que nous analyserons. Alors que les temps longs ont fini par s'imposer « *par nécessité* » (voir section 1.2.3.4) dans les explications des géologues, ce n'est pas une forme en particulier de temps géologique qui a fini par triompher.

Si l'on se replace dans le monde d'Aristote, le temps sublunaire est un *temps bref* et *fugace*. Il est le temps humain, mal ordonné, qui s'oppose au temps cyclique, bien ordonné des astres. Aristote voit dans le monde un perpétuel recommencement (Aristote, 1989). Ainsi, « *les auteurs anciens,* [...]*, décrivaient un monde éternel, traversant des cycles indéfinis, sans parvenir à établir une histoire* » (Gohau, 2003, p 20). Avec Lucrèce, le monde, une fois créé, est engagé dans une lente détérioration. Pour les Stoïciens, le temps est rythmé en longs cycles mais qui pourtant est voué à conduire au cataclysme. Avec Erathosthène et Strabon, l'étude des mouvements de la mer conduisent à des conceptions cycliques des processus naturels. S'opposent

ainsi, dans la Grèce Antique, une vision d'un monde réversible (au sens de cyclique, c'est à dire avec retour aux conditions de départ) avec un monde affecté par des changements irréversibles.

L'œuvre de Burnet (1680) [20] est de ce point de vue particulièrement révélatrice à la fois des aspirations à construire des explications scientifiques sur le monde et de l'influence des textes religieux dans la mise en œuvre du temps dans ces explications. Même si certains points de vue elle reste anecdotique, cette œuvre, du fait qu'elle ait été totalement éclipsée par celle de Hutton dans la géologie anglo-saxonne, montre la concurrence entre temps linéaires et temps cycliques d'une part, et temps longs/temps courts d'autre part, qui se joue dans les explications en géologie. Cette œuvre est aussi pour nous un très bon indicateur de l'imbrication de ces formes de temps mobilisées en géologie. A partir du frontispice de l'édition princeps de l'œuvre de Burnet (voir Fig 1.2.1 page suivante), Gould (1990) fait une analyse des formes de temps mobilisées par l'auteur :

> « *Cette histoire fabuleuse met en application le temps sagittal dans toute sa grandeur : récit haletant de bout en bout, découpé en épisodes contrastés, commencé à un moment très précis, mené par une pure trajectoire à un dénouement bien particulier. Qui dit mieux ?* » Gould (1990, p 44)

Mais Gould va plus loin :

> « *le frontispice de Burnet raconte bien davantage que le simple temps sagittal, car les globes sont disposés en cercle, et non pas en ligne ou selon toute autre représentation métaphorique susceptible d'illustrer une narration strictement séquentielle* » (Gould, 1990, pp. 44-45).

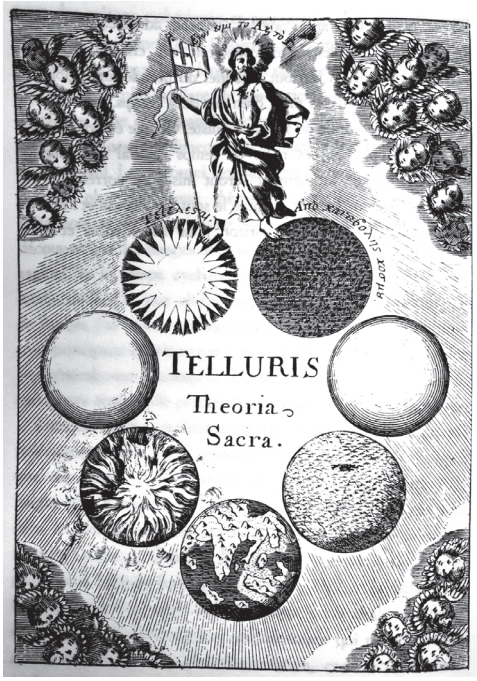
Et il rajoute, comme pour conclure :

> « *Autrement dit, Burnet déroule sa continuité narrative (temps sagittal) dans un contexte de temps cyclique : une éternelle présence divine au sommet, une distribution circulaire des globes qui naissent et se résorbent dans l'immanence, et tout un ensemble de correspondances complexes entre notre passé et notre avenir* » (Gould, 1990, p. 45).

Cette double articulation du temps que Gould met ici en évidence est un aspect fondamentale de nos recherches. Car la thèse de Burnet nous parait révéler parfaitement la problématique de l'articulation des temps linéaires et cycliques. En effet, « *Burnet affirmait et avec insistance, que toute interprétation exclusivement cyclique de la durée revenait à déppouiller celle-ci de son contenu* » (Gould, 1990, p. 130). Nous comprenons ici que l'usage excessif des temps cycliques dans les

20. Thomas Burnet, *Telluris Theoria Sacra*, 1680-1689. Londres

FIGURE 1.2.1 – Frontispice de l'édition princeps de Telluris Theoria Sacra, de Thomas Burnet, 1680



explications conduit à nier l'histoire géologique. Si nous faisons abstraction de la dimension religieuse qui guide Burnet dans cette présentation [21], nous pouvons y voir une *imbrication des temps linéaires et cycliques* qui constituent l'une de nos hypothèses de recherche. Le temps sagittal déroule l'histoire. Le temps cyclique préside au processus. C'est un point fort de notre thèse et nous aurons à y revenir, afin de montrer comment la narration permet justement cette *configuration* des temps sagittal et cyclique.

Mais revenons à l'opposition entre neptuniens et plutoniens que nous avons déjà évoqué. Si cette opposition existe du point de vue des temps quantitatifs, nous pouvons également faire cette remarque du point de vue des temps qualitatifs : si les neptuniens mobilisent des temps linéaires, les plutoniens eux mettent en œuvre des temps typiquement cycliques.

Avant l'émergence d'une véritable science géologique au XIXe siècle, le Neptunisme a constitué un paradigme unificateur jusqu'à la fin du XVIIIe siècle. Cette

21. C'est d'ailleurs là, selon Gould (1990), une erreur des contemporains de Burnet que d'avoir sous-estimé son propos sous prétexte qu'il était empli de religion. Gould, en défenseur de la méthodologie de Burnet, tente de montrer dans son ouvrage « *Aux racine du temps* » (1990), que le savant avait pressenti une conception des temps géologiques au même titre que Sténon, qui, lui n'a pas eu à souffrir d'autant de disgrâce de ses pairs.

théorie considère que l'eau d'un océan primordial est à l'origine de la majeure partie des objets géologiques observables sur Terre. Ainsi les roches de la croûte terrestre, y compris granite et basalte seraient issus d'un phénomène de précipitation chimique et mécanique. Le retrait de cet océan primordial expliquerait que l'on puisse voir ces structures dans le paysage. La force de cette théorie repose principalement sur un personnage important de la géologie naissante, Werner, qui a beaucoup étudié les terrains du massif du Harz en Allemagne. Ces terrains, qui n'ont quasiment pas été touchés par la tectonique ni par le magmatisme fournissent des arguments forts du point de vue sédimentaire et stratigraphique (nous utilisons les termes actuels). La théorie neptunienne, assez fortement inspirée de principes posés par Sténon (Ellenberger, 1994, p. 271) positionne les objets géologiques dans les *temps linéaires* en construisant des explications physiques sur leur origine. On pourrait penser trouver ici l'origine d'une chronologie véritablement historique mais Rudwick (1997) considère que la *contingence* manque à cette histoire. La seule succession de causes physiques expliquant la mise en place de ces objets géologiques empêche de véritablement s'engager dans une chronologie. Il n'en reste pas moins que le Neptunisme pose les bases fondamentale de la stratigraphie en envisageant le temps comme irréversible. Il est alors possible de percevoir, au travers des archives géologiques, la continuité verticale qui constituera un des principes fondamentaux de la géologie moderne : le *principe de superposition*, qui représente la *configuration spatiale des temps linéaires* (que l'on pourrait représenter par une flèche — c'est habituel — du bas vers le haut).

Cette distinction entre temps linéaires et temps cycliques nous amène maintenant à envisager d'autres formes de temps, que l'on ne trouve que dans les sciences historiques telles que la géologie et dont le matériau constitutif est soit inexistant (le « *temps vide* ») soit *hétérogène* (*le temps saccadé*) ».

1.2.3.3 Des formes de temps fréquentes en géologie : temps vide et temps saccadé

Le temps « vide »

Une de ces formes de temps propres à la géologie est à considérer avec intérêt particulier, notamment de par son opposition au temps historique : le temps « *vide* ». Ce terme que nous empruntons à Ellenberger (1994, p. 33) traduit les durées *abstraites*, *an-historiques*, vides d'événements, que l'on peut trouver dans les textes anciens. Un certain nombre de textes proposent en effet des explications qui ne mobilisent aucune temporalité. Comment expliquer dès lors une telle mise à l'écart du temps ?

Les raisonnements rationnels sur le réel écartent le temps subjectif afin de construire des explications objectives, basées sur la logique. Cela rejoint ce que

nous avons évoqué précédemment sur le recours à la logique dans la recherche des possibles : le possible logique est par définition hors du temps. En fait le temps étant intrinsèquement associé à l'existence humaine, il est inévitablement subjectif, et de ce fait il ne peut être un élément du raisonnement objectif de la science. Tout au plus il peut être mesuré afin de quantifier les processus étudiés. Mais nous avons dit également que dans la recherche de possibles ontologiques, la question du temps posait moins de problème dans la mesure où l'on se préoccupe de l'actualisation des objets géologiques et donc de leur production en tant qu'objet du réel dans l'existence humaine. Le temps devient donc *nécessaire* dès lors qu'il s'agit d'organiser des événements dans un ordre chronologique. Cela pourrait passer pour une tautologie d'affirmer que le temps est nécessaire pour construire une chronologie (nous pourrions inverser l'assertion en disant que la chronologie est nécessaire pour que le temps linéaire se construise). Nous préférons y voir le besoin fondamental d'une *articulation* entre *temps* et *événements*. Le temps (linéaire), c'est ce qui impose la direction, les événements construisant la *matière* du temps. Car rappelons que le temps ne se perçoit pas. Seul l'instant est perceptible. Nous ne percevons le temps qu'au travers des événements que nous construisons et que nous organisons le long d'une « *flèche du temps* ».

Le temps vide, c'est le temps sans événement. Cela renvoie à l'une des apories du temps : *que se passe-t-il si rien ne se passe* ? Notre perception ne nous permet pas de détecter des événements dans tous les contextes du monde. Cela ne signifie pas pour autant qu'il ne s'y produit rien. Nous comprenons ainsi que le temps historique est celui qui se peuple d'événements le long d'une histoire en construction. Et nous comprenons de nouveau la relation qui unit événement et durée : la durée semble dépendre de la quantité d'événements qui la compose.

Pourrions-nous aller jusqu'à considérer que le temps historique est un temps « *plein* » ? « *Plein* » d'événements ? Nous avons à creuser cette dimension, en nous posant la question de l'*épaisseur du temps*. Pour le dire autrement : de quoi est fait le temps ? Quel matériau lui donne sa nature, sa texture ? Peut-on réduire le temps historique à la seule accumulation d'événements « dans le temps » ? Car il ne semble pas raisonnable de considérer le temps comme un « stock » d'événements ! N'y-a-t'il pas, au delà de cette approche quantitative du temps, une façon de considérer le temps dans sa nature organisée ? Ne peut-on pas dégager des modalités d'organisation du temps ? Comment les événements s'organisent-ils le long des temps linéaires ? Quelles relations développent-ils entre eux le long de ces temps linéaires ?

Quelle configuration du temps peut-on dégager d'une telle lecture de l'histoire ? Assurément ici, nous avons quitté le temps vécu pour nous engager davantage dans le temps « *configuré* », le temps qui est plein d'une *organisation*, qui lui confère non seulement son « épaisseur » mais également une forme de rationalité. Nous

aurons l'occasion de revenir dans le détail sur cette dimension dans notre approche théorique du récit.

Le temps « saccadé »

Le temps qui nous intéresse, rappelons-le est celui de la durée. La durée, c'est le temps construit. C'est le temps qui s'organise.

La dimension que nous abordons ici est celle qui confère au temps des durées « *contractées* ». Il existe en effet dans l'histoire de la géologie un ensemble d'épisodes qui alternent entre des durées longues, presque an-historiques, et des périodes qui concentrent des événements exceptionnels, et en général catastrophiques, qui représentent des jalons importants dans une histoire dirigée, mais pouvant présenter des formes cycliques. Ce temps « saccadé » nous montre à nouveau que l'épaisseur du temps dépend principalement des événements qui y « vivent ».

Ainsi, dans la géologie d'avant le XIXe, si tant est que l'on puisse la considérer comme géologie, les catastrophes constituent les événements de l'histoire du monde. Le reste de l'histoire n'est que stabilité.

Nous voyons ainsi que des temps linéaires s'imbriquent irrémédiablement avec des temps cycliques dans des constructions historiques « hybrides ». Notre capacité à expliquer le monde semble en effet ne pas pouvoir dissocier une vision dirigée de l'histoire et une vision a-temporelle des processus. Le temps « saccadé » représente cette approche hybride du temps historique.

1.2.3.4 La nécessité de temps longs historiques

La problématique des durées longues dans la géologie s'est construite notamment sur un rapprochement quasi systématique du doublet temps longs/temps courts avec le doublet temps cycliques/temps linéaires. Les temps courts sont ceux de la Bible et ceux de l'Homme. Ce sont ceux des premiers textes qui traitent d'un monde anthropocentré. Mais dès lors que les textes s'écartent de cette centration sur l'Homme, le temps longs deviennent possibles. Mais qu'est-ce qui les a rendus « nécessaires » ? Dans la longue mise en scène du temps en géologie, *cycles* et *flèche du temps* ont joué un rôle déterminant.

Les phénomènes cycliques mobilisaient en général des formes de temps infinis. Les temps étant considérés comme incommensurables, rien n'était envisagé pour les mesurer. Mais ils devenaient du même coup également inconcevables. C'est une des raisons qui font que les explications sur les phénomènes cycliques écartent presque systématiquement le temps. Dans l'histoire de la géologie, le temps cyclique a permis en quelque sorte d'éviter de se confronter au problème du temps, et notamment du temps long.

Les temps linéaires, en imposant une direction au temps, posaient du même coup un *début* et une *fin* à une explication qui relève ainsi de *l'histoire*. Si le temps se déroule, il doit bien y avoir un début à ce déroulement : de ce point de vue on trouve des explications très éclectiques sur l'origine du monde. L'origine de la Terre était étudiée par de nombreux savants qui ne cherchaient pas forcément le début de l'histoire de la Terre : ce qui préoccupait, c'était davantage le *mécanisme* qui a conduit à la formation de la Terre.

Le modèle de différenciation de la Terre proposé par Descartes en 1640 par exemple, même s'il semble raconter une « sorte d'histoire » de la formation de la Terre, n'est autre qu'un *système* :

> « [...] *la Terre parait stabilisée, en sorte que son histoire s'arrête à cette différenciation. On trouve là les caractères d'une formation ou* [...] *un système génétique* »(Gohau, 2003, p. 23)

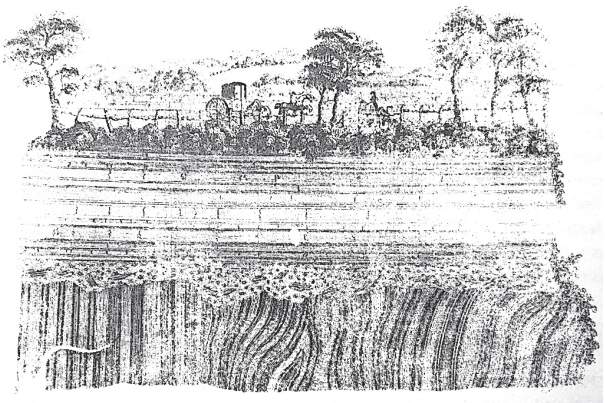
Les préoccupations se focalisent sur les mécanismes, le temps linéaire n'y est pas vraiment présent. Aucune contingence ne s'applique aux événements. Descartes ne prend également pas beaucoup de distance avec les textes religieux : son système ne cherche pas à les remettre en cause. Mais il ne cherchera pas non plus à concilier son système avec le récit mosaïque de la genèse (Gohau, 1987, p. 56). Quoi qu'il en soit nous voyons que le système de Descartes ne se construit pas sur les temps linéaires.

Buffon a été probablement le premier à penser le temps linéaire. En proposant ses « Époques de la Terre », Buffon met en œuvre ce que Gohau (2003, p. 41) nomme « *une narration sur le passé de la Terre* ». Ses explications, qui préfigurent le plutonisme qui s'imposera un siècle plus tard, envisagent des époques qui se suivent le long d'une évolution irréversible qui est « *doublement fléchée* » : « *vers le retrait des eaux par ouverture de cavernes souterraines et par le refroidissement qui enfonce la Terre vers la mort glacée* » (Gohau, 2003, p. 41). Dans sa « *Théorie de la Terre* » (1749), alors qu'il « *était très éloigné de toute conception historique* » (Gohau, 2003, p. 41) Buffon évoque déjà une formation de la Terre, qui serait issue d'un jet de matière solaire du fait d'un choc avec une comète. Les mesures de refroidissement de boulets de canon portés au rouge comme modélisation du refroidissement de la Terre conduisent Buffon à formuler un âge de la Terre (75000 ans). Il corrigera ses estimations à plusieurs reprises, en se justifiant d'avoir à se « *conformer à la puissance limitée de notre intelligence* » (Roger in Gohau, 2003, p. 42). Nous pourrions considérer ainsi que Buffon a presque fait le pas vers les temps longs. Quelque chose semble l'avoir retenu.

Mais c'est le recours aux temps cycliques qui va véritablement pousser à user de temps longs dans les explications de la géologie naissante. Ainsi, Hutton, en construisant sa théorie sur une approche hypothético-déductive, reconnait des

discordances là où il les avait prévues. Cette « prévision » est elle-même construite sur une vision cyclique des processus à l'origine des roches discordantes (voir Fig 1.2.2).

FIGURE 1.2.2 – Une discordance selon Hutton (d'après (Gohau, 2003, p 95)



Ce qu'il faut voir de fondamental dans l'approche de Hutton, c'est que la discordance qu'il met en évidence révèle l'existence de deux époques distinctes : l'une au cours de laquelle les roches sous-jacentes se sont formées, redressées et déformées, puis ont été érodées ; l'autre au cours de laquelle de nouvelles roches se sont formées. En simplifiant à l'extrême, on pourrait dire qu'un *premier cycle* a mis en place un niveau de roches (sous-jacentes, redressées, déformées et érodées) ; un second cycle a mis en place un deuxième niveau (les strates horizontales). Ces processus alternant de sédimentation et de surrection (conduisant à l'érosion de la surface) et séparés par une limite (la discordance) sont relativement lents. Que ce soit de véritables processus sédimentaires tels que les neptuniens les avaient imaginés, ou bien des processus magmatiques, leur mise en place, leur déformation et leur érosion (permettant de les voir apparaitre en surface) nécessitent de grandes périodes de temps. Ce que Hutton a mis en évidence, c'est bien *la nécessité de temps longs* dans les explications de tels phénomènes. Ou nous devrions peut être dire : Hutton a rattaché les *temps longs* déjà pressentis par ses prédécesseurs et contemporains à une observation de terrain. Il passe cependant pour l'inventeur des temps longs, mais c'est surtout avec lui que s'imposent les temps cycliques, qui amène à un plutonisme anhistorique (Orange-Ravachol, 2003, p. 31).

Plus tard, Lyell, quand il proposera sa vision uniformitarienne des phénomènes géologiques, s'opposera fortement aux catastrophistes de son époque, et avancera pour cela qu'il « *n'était nul besoin de recourir à des épisodes catastrophiques, de* longues durées *suffisaient pour expliquer l'ensemble des événements géologiques* » (Babin, 2005, p. 116).

Les variétés de formes du temps montrent les usages que l'on fait du temps. En géologie, ces usages sont très fortement liés à la méthodologie mise en œuvre. Les temps cycliques sont les temps des phénomènes, qui permettent d'expliquer les processus à l'origine des objets géologiques. Replacés dans les temps linéaires, ces phénomènes tendent à expliquer les événements géologiques du passé. Les temps longs apparaissent dès lors comme une nécessité fondamentale de l'histoire géologique, du fait de la lenteur des phénomènes géologiques. Au travers de l'histoire géologique reconstituée, les temps linéaires émergent des événements géologiques qui en constituent la « matière ».

Comment la géologie prend-elle en charge cette diversité de temps dans la reconstitution des événements géologiques ? Et en quoi les temps linéaires constituent-ils la forme privilégiée de l'histoire géologique ?

Conclusion

Il nous reste à conclure sur la question de la prise en charge du temps dans les situations de géologie de terrain.

Un premier élément fondamental est que *le temps ne se perçoit pas*. Ce n'est pas un objet. Mais ce n'est pas non plus un phénomène. C'est une construction de la pensée. Dans la pensée commune, c'est « ce qui passe ». Il se construit ainsi le long d'une somme de nos expériences vécues. Ce temps commun, c'est le *temps vécu*, subjectif, qui se construit à partir des instants qui ponctuent l'existence. Seuls les instants (des occurrences — événements de sens commun — vécus au présent) sont perceptibles. Il ressort de cela qu'il subsiste toujours, en fin de compte, une aporétique de la temporalité.

La durée, quant à elle est une construction de l'esprit qui se fait par somme des instants, ou plus précisément par « configuration des événements » de l'expérience vécue. Cette configuration des événements n'est possible que parce que l'esprit est doué d'une capacité de *mémoire*. La mémoire donne l'épaisseur du temps que l'on appelle *durée*.

Le temps quantitatif est le temps conçu comme grandeur : les temps courts sont les temps à l'échelle humaine. Les temps longs sont les temps incommensurables, trop « profonds » pour être accessibles aux concepts. Le temps qualitatif est le temps considéré dans ses usages. Le temps cyclique est celui qui se répète, c'est le temps des horloges, le temps des phénomènes terrestres cycliques (rythme circadien, saison, rythme des générations, ...). Le temps linéaire est le temps historique, celui qui est raconté. C'est le temps que l'on représente par une flèche. C'est le temps sagittal. Il suppose un début et une fin. Il impose une direction.

Le temps des scientifiques est fortement dépendant des modes d'explication et surtout des cadres théoriques mobilisés par la science. Le temps des scientifique ne constitue pas un cadre temporel de pensée de la science. Ce sont plutôt les

phénomènes et événements expliqués par la science qui construisent le temps. Ainsi le temps cyclique est le temps des phénomènes « microscopiques », en quelque sorte internes à la matière, alors que le temps linéaire est le temps des événements « macroscopiques ». Le temps linéaire est un temps *émergent*.

En géologie, les formes de temps se sont longtemps confrontées jusqu'à l'avènement des temps longs, qui portent une grande responsabilité dans l'émergence de la géologie au début du XIX^e^siècle. L'opposition entre temps cyclique et temps linéaire est marquée, alimentée par une opposition des champs disciplinaires (par exemple entre la *géophysique*, qui a recours à des formes de temps spécifiques aux modèles numériques complexes, et *géologie de terrain*, qui mobilise différemment les temps longs par exemple). Des formes de temps particulières et propres à la géologie permettent de comprendre la spécificité de ce domaine scientifique : les temps « vides » sont des temps an-historiques, vides d'événements. C'est en quelques sorte un temps ignoré. Les temps saccadés quant à eux sont des formes de temps linéaires qui font des « *sauts* » : des périodes riches d'événements alternent avec des périodes sans événements. Cette forme de temps nourrit ainsi une opposition entre *changement* et *stabilité*, qui constitue une trivialité importante du « temps qui passe » très ancrée dans le sens commun.

Mais les temps longs apparaissent surtout comme une *nécessité* dans les explications de la géologie. Les phénomènes cycliques sont utilisés pour construire des explications an-historiques. Les temps linéaires quant à eux s'articulent à l'histoire en lui donnant une épaisseur faite d'événements contingents qui se succèdent.

Il ressort ainsi de notre analyse que seuls les temps longs peuvent expliquer les événements géologiques à l'œuvre dans l'histoire, qui produit dès lors des temps linéaires. Or, l'histoire tend a priori à mobiliser presque systématiquement des temps courts (temps historiques, humains). Et de plus, les explications des phénomènes se construisent sur des temps cycliques, an-historiques.

Comment dès lors mettre en œuvre une reconstitution de l'histoire des objets géologiques dans un cadre qui prenne en compte non seulement les contraintes liées aux formes du réel (l'actuel et le non-actuel) mais également celles liées aux diverses formes du temps ?

Nous sommes amenés ici à envisager la géologie entre deux pôles en tension : la géologie doit non seulement recourir à des *lois* qui gouvernent les processus à l'origine des objets du réel ; mais elle doit également replacer ces processus dans une *temporalité*. Penser les processus géologiques du passé reviendrait donc à *reconstituer une actualité des objets géologiques*, entre *loi* et *histoire*.

1.3 LA GÉOLOGIE DE TERRAIN ENTRE LOI ET HISTOIRE

Compte tenu des éléments que nous avons rassemblés pour définir le réel et le temps dans les sciences de la Terre, nous pensons pouvoir préciser maintenant quelle place prennent l'actuel et le non-actuel dans la réalité spatio-temporelle des objets de la géologie.

Nous avons dit que le géologue qui tente de reconstituer une histoire est amené à mobiliser à la fois un cadre *explicatif* des phénomènes géologiques mais également un cadre *historique* qui replace les événements dans le temps et dans l'espace. Cela suppose de connaitre les conditions de mise en place des objets géologiques dans le passé. Mais comment savoir quelles conditions géologiques régnaient par le passé ? Ces conditions étaient-elles les mêmes qu'aujourd'hui ? Quels moyens avons-nous pour connaitre ces conditions ? Et sur quel principe s'appuyer pour transposer dans le passé ce qui se produit dans le présent ?

1.3.1 La géologie : science d'un monde uniforme ?

Le sens commun fait habituellement une confusion entre temps et cause en évoquant le « passé » sans plus de précision. Nous souhaitons explorer ici cette confusion, que nous considérons comme un *obstacle* important des sciences empiriques. En effet, le passé imaginé comme cause du présent est une vision naïve de l'explication scientifique. Nous souhaitons pourtant montrer ici qu'il existe une démarche scientifique de la « *cause temporelle* », et que cette démarche relève d'une démarche historique rationnelle. Ainsi les sciences historiques ne confondent pas cause et temps ; elles « construisent » l'histoire sur une approche causale exigeante dans laquelle les événements ne sont pas seulement juxtaposés dans le temps mais organisés selon des nécessités qui confèrent à l'histoire une rationalité. Nous verrons ainsi que dans le cas particulier de la géologie de terrain, les formes de temps cyclique et linéaire sont mobilisées dans des narrations qui mobilisent un principe de causalité exigeant : la *causalité narrative*.

Cela suppose donc de se préoccuper des événements comme acteurs/personnages de la construction du temps. Pour cela nous nous questionnons sur les modalités de mise en scène des événements géologiques le long de l'histoire géologique. Nous évoquons dans un premier temps les différents modes de pensée du passé géologique (catastrophisme, uniformitarisme, évolutionnisme). Cela nous conduira dans un deuxième temps à nous questionner sur les procédés de recherche de la cause en géologie. Enfin, nous réfléchirons aux modes de raisonnements qui sont à l'œuvre en géologie.

1.3.1.1 La pensée catastrophiste

Les modes de pensées utilisés pour se projeter dans le passé s'articulent autour de trois pôles qui ont organisé les connaissances scientifiques au cours de l'histoire de la géologie. Nous les analysons ici, non seulement d'un point de vue historique mais également d'un point de vue épistémologique.

Une définition du catastrophisme

Pour les partisans du catastrophisme la surface de la Terre a subi *« plusieurs grandes révolutions, inondations presque universelles ou bouleversements volcaniques »* (Hooykaas, 1970, p. 14). Les catastrophistes considèrent que *« les causes en action de nos jours (glace, neige, eau, vent, volcanisme) ne suffisent pas à expliquer les événements géologiques du passé, ou du moins qu'elles sont inadéquates si l'on suppose qu'elles eurent alors la même faible intensité qu'elles ont en général aujourd'hui »*(Hooykaas, 1970, p. 14). Le long de l'histoire de la géologie, *l'actualisme* (voir section 1.3.1.2 page 72) s'est souvent opposé à la pensée catastrophiste. Cette opposition se fait à deux niveaux : du point de vue de la *nature* des causes (les causes anciennes étant considérées par les catastrophistes comme différentes *par nature* des causes actuelles) ou du point de vue de leur *intensité* ou de leur *durée* (cette autre forme de catastrophisme considère que les causes sont de même nature mais qu'elles diffèrent en intensité, celle-ci ayant fortement diminué au cours des temps géologiques). C'est là une différence fondamentale qui nous conduit à suivre Hooykaas (1970) sur ce point en focalisant notre attention, non pas sur les systèmes actualistes ou non-actualistes, mais davantage sur la dimension *conceptuelle* de cette opposition : *conception actualiste* vs *conception non-actualiste*.

Mythes et déluge

Selon les conceptions non-actualistes les causes passées sont considérées comme différentes de celles de l'actuel ; il est cependant peu probable que ces causes soient des inventions totales, le fruit d'une imagination qui envisagerait des circonstances entièrement détachées de la réalité. Ces conceptions sont bien davantage des « *paris sur le passé* » (Ellenberger, 1994, p 12), qui cherchent des explications qui relèvent pour la plupart d'un certain réalisme.

C'est dans leur intensité, et surtout dans leur violence que les catastrophes montrent leur capacité à agir sur le monde (et en l'occurence à influencer la vie des Hommes). Le plus cataclysmique des événements imaginé dans le sens commun garde une attache avec la réalité : comètes, astéroïdes, météorites, volcanisme, séismes, sont assez rares dans une existence humaine, mais ils sont connus. Ce ne sont donc pas des causes mystérieuses. C'est leur *survenue* qui reste le plus souvent « mystérieuse ». Leur faible probabilité et les difficultés à les prévoir

cantonnent ces circonstances dans la catégorie des « *aléas* ». L'ouvrage de Babin (2005) montre d'ailleurs de ce point de vue que les craintes de l'humanité se focalisent principalement sur des événements *naturels*. Peu de ces événements, en rapport avec les processus géologiques mobilisent le fantastique ou le fantaisiste. Les visions catastrophistes sont donc bel et bien ancrées dans le réel. Néanmoins leur *interprétation* (pourquoi l'humanité devrait-elle subir de tels cataclysmes ?) et leur *intensité* supposée (violence des circonstances de ces événements) prennent en général des formes totalement démesurées. Au sens strict, ce ne sont pas les causes qui sont considérées comme catastrophiques, mais bel et bien leurs *effets*.

A cet égard, il s'agit également pour nous de comprendre en quoi un événement est considéré comme catastrophique : dans le sens commun, le catastrophique est directement lié à la violence de la situation. Très clairement, ce qui est susceptible d'entrainer mort et destruction à grande échelle est à considérer comme catastrophique. C'est donc l'ampleur (c'est à dire l'étendue des effets) des événements qui peut être considérée comme catastrophique. Les questionnements sur les causes anciennes et actuelles sont ainsi renvoyés aux questionnements sur leurs effets, c'est-à-dire, des questionnements sur des *événements effectivement accomplis*. Le terme de catastrophe n'est donc adapté que pour désigner des *événements violents qui affectent l'humanité*. Ce terme de catastrophe désigne également *l'actualisation* d'un phénomène aux *conséquences* néfastes pour l'humanité.

Or, en géologie, les explications des phénomènes passés relèvent davantage de la *recherche des causes* que de celle des conséquences que peuvent avoir leurs effets sur l'existence humaine. Le catastrophisme montre donc indéniablement une forte centration sur l'événement de sens commun.

De ce point de vue, les textes de la mythologie et les textes religieux ont été de grands pourvoyeurs de récits catastrophiques dans l'histoire des hommes. Le plus caractéristique est probablement celui du déluge. Il nous intéresse particulièrement, notamment parce que, comme le dit Babin :

> « *tout bien pesé, le Déluge biblique a nui au développement de la géologie, bien plus que les récits de la création* » (Babin, 2005, p 61).

Catastrophes et temps cycliques dans les mythes et légendes

Nous avons déjà évoqué l'alternance *changement/stabilité* que supposent les temps cycliques : nous allons plus loin ici en posant la catastrophe comme symbole du *changement violent*. La catastrophe n'est pas seulement un événement violent : c'est aussi un événement qui conduit au *changement*. Après la catastrophe, les « *règles changent* ». Après les dinosaures, c'est le règne des mammifères ; après la surrection des montagnes, c'est l'érosion ; après le Déluge, la « re-naissance » :

> *« Ce déluge, qui dura quarante jours eut aussi ses survivants grâce à une arche construite par Noé et que Dieu libéra "au bout de cent*

> *cinquante jours" lorsque "les sources de l'abîme et les écluses du ciel furent fermées". La fin de cet épisode diluvien donne le départ d'une véritable re-création puisque humains et animaux recolonisent la terre et que s'instaure une nouvelle cyclicité : "Tant que durera la Terre, semailles et moissons, froidure et chaleur, été et hiver, jour et nuit ne cesseront plus" »*(Babin, 2005, p. 61).

La pensée cyclique imprègne de nombreux textes mythologiques en les ponctuant de catastrophes qui viennent troubler la tranquillité des Hommes et rétablissent ensuite une stabilité au monde.

Catastrophes et théories de la Terre

Les différentes *Théories de la Terre* qui ont parsemé l'histoire de la géologie ont fortement stimulé la pensée catastrophiste. Ces textes qui sont pour la plupart, des « *constructions hypothétiques ambitieuses* » (Ellenberger, 1994, p 12) sont l'œuvre de savants qui cherchent avant tout à reconstituer une « embryogenèse » de la Terre (Gohau, 1990). Ces textes ont la particularité de s'accorder relativement bien avec les récits bibliques, même si en général les auteurs ne montrent pas nécessairement que tel était leur objectif. Descartes propose en 1644 sa théorie de la terre, dans laquelle il fait preuve d'une certaine « laïcité ». Il tente, avec quelques efforts de concilier sa théorie avec le récit de la création, en disant « *qu'il ne doute pas que le monde ait été créé au commencement avec autant de perfection qu'il en a* » (Gohau, 1987, p. 56). Burnet a construit, dans sa Théorie sacrée de la Terre, une histoire de la Terre *« brutale et sommaire,* [...] *qui impose l'idée de changements radicaux de son état et de bouleversements irréversibles* »Ellenberger (1994, p. 116). La démarche de Burnet, pourtant considérée comme rationnelle par Gould (1990), se met en place en opposition avec celle de Newton et mobilise très peu l'observation des registres de la nature. Burnet cherche avant tout à construire une réflexion à partir des saintes Écritures : invasion par les eaux du Déluge, cataclysme final par le feu qui transforme la Terre en une étoile. Woodward, quant à lui, est un hypercatastrophiste (Babin, 2005) par sa vision de l'origine des fossiles et par sa façon de mobiliser les eaux internes du globe, qui, grâce à une intervention divine, sont responsables d'une « *surprenante dissolution* ». La catastrophe est d'origine extra-terrestre pour Whiston, considéré comme le parrain de la catastrophe (Gould, 1993a, p. 337).

Ces pensées catastrophistes, du fait de leur proximité avec les textes sacrés, conduisent à un sérieux problème quant à la formation des montagnes. Ellenberger évoque ainsi ce dilemme de la géologie naissante à la fin du XVIIe siècle :

> *« En un mot, à la fin du XVIIe siècle et durant tout le XVIIIe siècle, la science naissante de la Terre s'est trouvée prise au piège du dilemme*

> *suivant : expliquer les montagnes par le Déluge, ou renoncer à expliquer les montagnes. Les temps n'étaient pas mûrs pour accéder à notre vision actuelle de la genèse lente des montagnes. Il faudra attendre Lyell et Marcel Bertrand ».* Ellenberger (1994, p. 44)

Mais une génération avant celle de Lyell, les discordances de Hutton, qui séparent des cycles différents, renvoient à l'idée de *changements* qui surviennent dans un monde stable (alternance changement/stabilité). Les observations de Hutton sur l'affleurement de Siccar Point vont le conduire à rejeter les catastrophes universelles, mais il admet par contre, pour construire ses explications sur les discordances, des phénomènes violents localisés :

> « [...] *des strates, qui avaient été formées de façon régulière sur le fond de la mer, ont été violemment ployées, brisées, et déplacées de leur situation originelle* » (in Babin, 2005, p. 86)

La vision cyclique des phénomènes géologiques par Hutton, le conduit à reconstituer des phases qui s'articulent autour de changements successifs. Mais ce savant ne les considérera pas pour autant comme des épisodes catastrophiques. Pourquoi ? Pour quelle raison Hutton met-il de coté des événements catastrophiques ? C'est probablement la pensée du *temps profond*, qui a joué un grand rôle chez Hutton quand il a imaginé des processus géologiques de grande ampleur, sans avoir à recourir au catastrophique. L'invention du temps profond est donc un élément fondateur de la géologie : il a permis la prise de distance d'avec les textes sacrés, et il a fait jouer à la durée des processus un rôle prépondérant. Hutton a ainsi posé les bases d'une opposition au catastrophisme en initiant le « *principe d'uniformité* ».

Dès lors, le XIXe siècle s'engage dans la « *tourmente polémique* » (Babin, 2005) qui verra s'affronter catastrophisme et uniformitarisme. De quoi se nourrit ce catastrophisme ? Étonnement, ce sont les fossiles qui vont apporter les indices le plus pertinents.

Les fossiles : témoins du Déluge

Parmi les grands acteurs du catastrophisme, les fossiles ont joué un rôle de grande importance. Ces fossiles, plutôt délaissés durant l'Antiquité, seront davantage considérés au Moyen-Age et durant la Renaissance. Léonard de Vinci qui, mieux que quiconque « *comprend l'intérêt des fossiles* » (Gohau, 1987, p. 41) postule que ce sont d'anciens êtres vivants. Ainsi les « *glossopètres* », identifiées par De Vinci et Gesner comme des dents de poisson, alimenteront les commentaires les plus étonnants (Babin, 2005). Sténon en fera une analyse poussée et déclarera que *« les corps qui ressemblent aux plantes et aux animaux trouvés dans la terre, ont même origine que les plantes et animaux auxquels ils ressemblent* » (in Gohau, 1987, p. 72). En préfigurant les modes de réflexion sur les strates (il en posera

les principes) Sténon pose les bases ici d'un actualisme qui concerne les terrains sédimentaires. Ainsi, malgré le cadre étroit de la Bible dans lequel il pose sa réflexion, Sténon parvient à instaurer *« les bases de la géologie du XIXe siècle, car le rôle qu'il assigne aux fossiles est celui de déterminer le faciès des formations géologiques* » (Gohau, 1987). Ce mode de pensée semble donc pousser vers une toute autre conception que celle du catastrophisme. Ces premières études sur les fossiles paraissent mener à un actualisme assez spontané ; mais les textes religieux empêchent l'accès aux temps longs, imposent le déluge et construisent un obstacle majeur à la compréhension, que Ellenberger (1978, p. 47) définit par « *le mur conceptuel de la succession des faunes* ». Ainsi le suisse Deluc, géologue de terrain, s'enfermera dans une pensée apologétique de l'Histoire de la Terre (Babin, 2005). Saussure reconstitue un récit véritablement cataclysmique du Globe. Blumenbach décrit des révolutions catastrophiques « calées » sur le Déluge biblique. Dolomieu considèrent les montagnes comme « *d'antiques monuments des catastrophes du globe...* » (Babin, 2005).

En fait, ce sont les fossiles de vertébrés, qui donnent naissance à de véritables animaux de légende, des races de géants, des animaux fabuleux, qui vont fortement stimuler la pensée catastrophiste avec des récits d'extinctions massives lors d'événements cataclysmiques. C'est Georges Cuvier (1769-1832), considéré par Le Guyader comme le « *père du catastrophisme moderne* » (in Lecourt, 2006, p. 164) qui a posé les bases d'un « *catastrophisme paléontologique* » très influent, notamment concernant la crise Crétacé/Tertiaire. Cuvier travaille en « vrai naturaliste », selon une méthode empirique qu'il revendique. Bien qu'approuvant un non-actualisme, il le relativise cependant, en affirmant qu'il fait « *imaginer à ses auteurs "tant de supposition extraordinaires"* »(Hooykaas, 1970, p. 19). Il présente en 1796, ses travaux sur le mammouth, qu'il distingue de l'éléphant et entend prouver ainsi « *l'existence d'un monde antérieur au nôtre, détruit par une catastrophe quelconque* » (in Babin, 2005). Plus tard, dans son ouvrage « *Recherches sur les ossements fossiles de quadrupèdes...* » Cuvier confirme l'usage du terme de « *révolution* » (déjà utilisé par ses prédécesseurs) pour désigner les grands changements de faunes qui se sont produit dans le passé. Le texte passe désormais pour un véritable manifeste du *catastrophisme scientifique*(Babin, 2005), notamment du fait que l'argumentation y est solide et étayée. Cuvier démontre ainsi que ces révolutions ont été nombreuses, subites et que les causes actuelles diffèrent totalement de celles qui prévalaient dans le passé :

> « *La vie a donc souvent été troublé sur cette terre par des événements terribles* » (Cuvier, 1992, p. 55)

L'accueil qui est fait à l'ouvrage de Cuvier est dithyrambique, et pas seulement en France ; les géologues « *diluvianistes* » anglais (Sedgwick, Buckland, Murchisson) placent leurs conceptions sous l'autorité du savant français. Il en est de même

des géologues nord-américains pour qui le déluge expliquent les blocs erratiques abondant sur leur territoire (Babin, 2005).

En France, Elie de Beaumont, élève de Cuvier, reprend ses théories catastrophistes et « *ne reconnait pas de causes anciennes* » (Hooykaas, 1970, p. 23). Il confirme le rôle joué par les révolutions dans les phénomènes géologiques : « *chaque chaine de montagne, caractérisée par une certaine direction, a été produit d'un seul jet entre deux périodes de tranquilité* » (Elie de Beaumont (1829) , in Babin, 2005, p. 104). D'orbigny va même plus loin que Cuvier en répertoriant en périodes et étages les diverses révolutions ayant affecté le globe.

En Suisse, c'est le zoologiste Agassiz, ultra-catastrophiste qui voit dans les révolutions de Cuvier des étapes d'une *progression* vers un perfectionnement progressif des êtres vivants.

Mais ces conceptions catastrophistes se confrontent assez rapidement à des obstacles infranchissables, qui ne relèvent d'ailleurs pas forcément de la science : les incompatibilités sont davantage en lien avec la Bible. Ainsi Sedgwick et Buckland, face aux incohérences dans le récit du déluge mosaïque deviennent providentialistes : pour eux l'intervention divine est présente à tous moment sur le globe.

Lamarck : opposition à Cuvier

En France Delamétherie est un adversaire sérieux de Cuvier : s'il admet les révolutions localisées, il refuse par contre les catastrophes universelles. Mais c'est Lamarck qui sera le plus grand adversaire de Cuvier : en s'appuyant sur des analogies entre espèces passées et espèces actuelles, Lamarck entend montrer que les espèces perdues sont des variétés des espèces vivantes. En reprenant le concept d'« *espèces analogues* » de Bruguières (1750-1798), il fonde les bases de son « *transformisme* ». Cuvier reste enfermé dans le catastrophisme qui est un moyen *« pour lui de sauver le fixisme menacé par l'irruption des fossiles* »(Pellegrin in Babin, 2005, p. 110). De nombreux savants français se rangent aux cotés de Lamarck. Ainsi, Patrin précise que :

> « *Les divers faits géologiques peuvent s'expliquer d'une manière simple, par la marche journalière des agents de la nature, et sans avoir recours à aucun de ces moyens violents qui ne me paroissent pas analogues à sa constantes uniformité* » (Patrin in Corsi, 2001, p. 107)

Constant Prévost (1787-11856) sera le plus actif des anti-catastrophistes : il remet en question les causes extraordinaires et surnaturelles de Cuvier et repousse l'idée d'un renversement des lois de la physique pour expliquer les disparition de faunes.

Le catastrophisme est donc bel et bien ébranlé en France dès le début du XIXe siècle. C'est assez différent en Grande-Bretagne où les catastrophistes sont très majoritaires (Babin, 2005). Mais le sujet polémique devient difficile à défendre

dans les années 1830 à 1833, dates auxquelles sont publiés les trois volumes des *Principles of geology* de Charles Lyell.

1.3.1.2 La pensée uniformitarienne et l'actualisme

L'uniformitarisme de Hutton et Lyell

« *Comment pouvons-nous parvenir à décrire un processus que personne n'a vu se dérouler ?* » C'est la question fondamentale que se pose Hutton quand il tente de comprendre les opérations naturelles des temps passés (Hooykaas, 1970, p. 49). Il refuse le mystérieux et l'occulte dans les *« opérations terrestres accomplies par le moyen de l'eau* » (Hooykaas, 1970, p. 49) et considère que les mouvements de soulèvements des continents ne sont pas des événements catastrophiques et sont encore en jeu actuellement :

> « *[...] ces opérations du globe conservent encore actuellement une activité non diminuée et restent en possession de toute leur puissance* » (Hooykaas, 1970, p. 50)

Hutton imagine dès lors un système régissant la nature. Sa vision des processus est cyclique et s'il envisage une histoire, c'est pour construire le récit d'une Terre engagée dans des cycles infinis. Il repousse ainsi la recherche d'une origine, persuadé que l'on ne peut trouver *« aucun vestige d'un début – aucune perspective d'achèvement* » (Hooykaas, 1970, p. 51). Sa pensée uniformitarienne se confronte au cadre biblique qui fixe l'âge de la Terre a 6000 ans. Le problème est que pour expliquer les surrections des montagnes, soit il faut des catastrophes « rapides » soit il faut des temps suffisamment longs pour que ces processus — très lents — se réalisent. Le *temps profond*, invention de Hutton est donc un corollaire inséparable de son uniformitarisme.

Lyell reprend l'uniformitarisme de Hutton et de ses prédécesseurs, parfois très anciens : certains historiens remontent à Hérodote, Aristote ou Straton et retrouvent des traces d'un « *raisonnement en tout point fidèle à la plus stricte logique uniformitariste* » (Ellenberger, 1988, p. 320). Mais ce sont également des géologues moins connus qui ont porté avec force la pensée actualiste : Guettard, Darcet, Giraud Soulavie, Palassou et surtout Desmarest ; mais ce sont Hutton, Playfair, Scrope et Lyell qui ont accédé à la postérité (Ellenberger, 1982).

Le principe des causes actuelles : origine historique

Le principe de l'actualisme et de l'uniformitarisme se confondent souvent dans les textes ; ils ne désignent cependant pas tout à fait la même chose. Deux confusions existent en fait autour de ces termes : une première confusion existe entre *actualisme*

en français et *causes actuelles* en anglais ; une seconde existe entre *uniformitarisme* et *actualisme*.

- Il est courant d'associer la confusion faite sur l'actualisme à une erreur de traduction depuis l'anglais. Les causes actuelles – *Actual causes* – proviendrait du terme « *actual* » qui signifie *réel* et non actuel comme en français (Pruvost in Gohau, 2003, p. 10). Ce « faux ami » serait responsable de la confusion faite entre les deux langues. Ce serait prêter une origine britannique aux *actuals causes* que de les considérer comme précédent le terme français. Il n'en est rien. Gohau et Ellenberger ont montré que ce terme fut utilisé en premier par De Luc dans ses « Lettres à Delamétherie » (Gohau, 2003, p. 10) dans lesquelles ils dénoncent justement ces causes actuelles [22].
- L'uniformitarisme, dans la littérature géologique anglo-saxonne prend la forme de l'« *uniformiarianism* ». Il désigne parfaitement les méthodes et systèmes de Hutton et Lyell : « *uniformité entre les causes géologiques et entre leurs effets dans le passé et dans le présent, uniformité concernant non seulement leur nature, mais encore leur énergie, de telle sorte que les phénomènes géologiques anciens auraient eu le même caractère de lenteur dans les changements que ceux du temps présent* »(Hooykaas, 1970, p. 14). Le terme « *actualisme* » utilisé dans l'Europe continentale est synonyme de « *uniformitarisme* » et indique que les causes actuelles suffisent à expliquer les événements du passé. Mais la lenteur qui caractérise l'uniformitarisme ne permet pas d'envisager un « *système actualiste* » : en effet des causes très différentes de l'actuel pourraient avoir agi par le passé, à une très grande lenteur, de façon « non catastrophique ». Il est également possible d'imaginer des causes identiques dans le passé à ce quelles sont actuellement, mais dans des niveaux d'intensité bien supérieurs et donc capable de conduire à des catastrophes. On obtient, comme le dit Hooykaas (1970, p. 15) : *« un système catastrophiste quant à la description historique résultante, mais la méthode est actualiste* ». Cela nous conduira d'ailleurs à ne pas suivre cet auteur dans sa définition de l'actualisme : nous préférons donc considérer qu'actualisme et unifomitarisme sont synonymes et représente une méthodologie quant à la recherche des causes à l'origine des phénomènes géologiques. La question de l'uniformité des causes l'emporte largement selon nous sur l'idée qu'il existe une uniformité dans leurs effets comme le pensait Lyell « *qui imagine une Terre ancienne identique à la Terre actuelle* » (Gohau in Lecourt, 2006, p. 22).

En d'autres termes, ce qui oppose ces deux conceptions de Hooykaas, c'est une thématique autour de la *continuité* et de la *discontinuité* (Hooykaas (1970) ; Gohau

22. Deluc est un catastrophiste qui a beaucoup servi à Cuvier, sans que ce dernier ne lui reconnaisse ses emprunts

in Lecourt, 2006, p. 21). Nos questionnements sur l'actualisme nous conduisent donc à associer à cette articulation *continuité/discontinuité*, deux autres que nous avons déjà évoquées : *temps linéaire/temps cyclique* et *changement/stabilité*. La mise en œuvre de l'actualisme dans la reconstitution d'une histoire géologique serait donc dépendante de l'articulation qui est faite entre ce que nous nommerons désormais la *rupture* et la *continuité.*

Principe des causes actuelles : Définition

Les conceptions actualistes, souvent renvoyées au fameux « *Présent, clef du passé* » désignent ce que l'on peut considérer avec Ellenberger (1994, p. 12) comme un truisme, à moins de considérer qu'il est possible d'*inventer* le passé de la Terre. Il semble donc évident de partir des données concrètes de terrain. En fait, le terme, peu utilisé chez les auteurs anglais, l'est beaucoup plus chez les auteurs français (Gohau in Lecourt, 2006, p. 21).

C'est principalement par opposition au catastrophisme que l'actualisme s'est instauré. En imposant des causes uniformes aux processus géologiques et en engageant ces processus sur des temps longs, les géologues parviennent à construire des modèles cohérents. Aucun auteur n'est d'ailleurs capable de s'appuyer sur des causes physiques anciennes (Hooykaas, 1970). Tous ont recours à des causes physiques actuelles. Seules les *causes géologiques* ont pu varier du fait de leur complexité. Mais l'uniformitarisme tel que le concevra Lyell de façon trop dogmatique le conduit à une vision trop exigüe de l'uniformité : Lyell « *tient autant à l'uniformité de l'état de la Terre qu'à l'uniformité de ses lois* » (Gohau in Lecourt, 2006, p. 22). Rudwick, le paléontologue et historien britannique définit ce modèle de « *Steady state* » (traduit « *stationnariste* » par (Gohau in Lecourt, 2006, p. 12)) pour l'opposer au modèle « *directionnaliste* » de Conybeare. Ce directionnalisme s'inspire de la théorie du refroidissement et impose ainsi un modèle historique au globe. Cela montre également que l'uniformitarisme, comme le précise Gould (1965), « *appartient au passé de l'histoire de géologie, puisque les interventions divines sont exclues de la science contemporaine* » (Gohau in Lecourt, 2006, p. 12).

L'actualisme « *moderne* » repose sur la mise en œuvre d'une part, d'un principe méthodologique des causes actuelles, qui n'est pas un actualisme stricte comme Lyell l'entendait (l'*uniformitarisme substantiel* selon Gould (1965)), et d'autre part, de l'inscription dans le temps sagittal qui impose une direction à l'histoire géologique. Ce directionnalisme imposé par le temps sagittal a pris des formes différentes qui ont conduit de nos jours à la pensée évolutionniste.

1.3.1.3 La pensée évolutionniste

Nous sommes amenés dès lors à reconsidérer nos questionnements au delà du cadre de la géologie, car intervient ici une dimension de l'histoire géologique qui a été fortement influencée par la théorie de l'évolution.

La pensée évolutionniste de Darwin se construit principalement autour de l'idée que « *uniformité et catastrophe sont deux aspects d'une même réalité* »(Gohau in Lecourt, 2006, p. 22).

L'*évolutionnisme* (terme de Huxley (1825-1895)) considère ainsi que les êtres vivants, qui se caractérisent par leur *variabilité génétique,* sont soumis à une pression de sélection, la *sélection naturelle*, qui conduit à l'adaptation des espèces à leur environnement (Heams *et al.*, 2011a,b). Pour le dire de façon *triviale : « variation et sélection produisent l'adaptation* ». Ces processus de sélection sont fondamentalement inscrits dans la temporalité. L'évolution ne prend sens que dans ce contexte *directionnaliste* dans lequel les êtres vivants sont soumis à la succession des événements naturels.

Nous souhaitons faire une analogie avec le cadre évolutionniste dans lequel évoluent les objets géologiques. Même si des processus du vivant interviennent le long de l'histoire des objets géologiques, ils ne sont pas fondamentaux comme dans la théorie de l'évolution. Considérer l'évolution des objets géologiques dans un monde directionnaliste revient à penser une forme d' « usure du monde ». Les processus géologiques sont à l'origine des transformations des objets géologiques le long des temps linéaires. Ces transformations, si elles ne sont pas sous contrainte de la variation et de la sélection n'en modifient pas moins les objets géologiques. Les objets géologiques actuels constituent donc le résultat de ces transformations subies. Chaque objet géologique ayant « enregistré », c'est-à-dire gardé les traces des événements subis, est donc potentiellement un *indice* d'un phénomène géologique du *passé*. C'est en ce sens que les indices du passé que l'on trouve « sur le terrain » représentent des archives géologiques.

Reconstituer les processus géologiques à l'origine de tels objets géologiques relève de la mise en œuvre du principe de *l'actualisme*. Nous nous posons donc ici la question du recours à l'actualisme dans ce cadre spécifiquement évolutionniste.

Actualisme et évolutionnisme

L'actualisme moderne s'inscrit comme une méthode qui consiste à considérer les causes actuelles pour penser les causes du passé. Mais c'est aussi, et surtout, la mise en œuvre d'*une histoire contingent*e le long de laquelle « *s'accumulent* » les événements. Parmi ces événements contingents, certains sont décisifs et relèvent de ce que l'on nomme « catastrophe », dans la mesure où nos représentations de ces événements traduisent de la violence. Mais ils peuvent être considérés

comme catastrophiques dans la mesure où ils transforment fortement monde dans lequel se produisent les phénomènes (= ou plutôt « dans lequel se produiront les phénomènes suivants). L'intervention de la linéarité du temps dans la mise en œuvre de l'actualisme impose ainsi une évolution progressive du monde dans lequel se produisent les événements.

Les causes physiques passées sont posées comme identiques à celles de l'actuel mais le contexte de leur accomplissement change avec le monde dans lequel elles agissent. Ainsi, dans l'histoire de la Terre, avant l'apparition des organismes photosynthétiques producteurs de dioxygène, les réactions d'oxydation n'étaient pas du tout les mêmes, dans ce monde réducteur, que celles d'aujourd'hui. En fait il s'agit de dissocier les causes physiques des causes géologiques. Les causes physiques sont en général étudiées dans un cadre fonctionnaliste épuré duquel le temps a été écarté. Ce cadre est bien différent de celui qui permet le travail sur les causes géologiques : ces causes sont complexes, multifactorielles et surtout elles ne peuvent être totalement exclues d'une histoire temporelle.

Fondements épistémologiques de l'actualisme

L'actualisme pensé comme principe méthodologique ne doit pas nous détourner de la vision du monde qu'il construit. En effet, utiliser l'actualisme pour expliquer le passé conduit à construire un monde passé à partir du présent, mais en imposant à cette construction trois contraintes majeures : *équilibre, direction, progression* (voir tableau 1.3).

1.3.1.4 La géologie dans son cadre évolutionniste

Nous revenons ici à notre questionnement évolutionniste impliquant les objets géologiques dans leur cadre historique. Nous souhaitons notamment montrer les modalités de mise en œuvre d'un cadre évolutionniste à la construction d'une histoire des objets géologiques.

Les théories-cadre de la pensée évolutionniste

Nous nous plaçons résolument dans un cadre évolutionniste pour considérer les mécanismes à l'œuvre le long de l'histoire géologique. Mais ce cadre a été principalement défini pour la biologie dont les « objets » sont bien différents de ceux de la géologie. Il convient donc ici de faire une mise au point pour comprendre dans quelle mesure la pensée évolutionniste concerne les objets géologiques au même titre que les objets biologiques.

La théorie synthétique de l'évolution met en scène une catégorie d'objets considérés comme les acteurs principaux des explications des biologistes de

TABLE 1.3 – Contraintes épistémologiques de mise en œuvre de l'actualisme

ACTUALISME						
Contraintes épistémologiques	**Équilibre**		**Direction**		**Progression**	
Caractéristiques du système	Stationnaire	Évolutif	Réversible	Irréversible	Graduel	Saltationniste
Contexte de mise en œuvre	Causes uniformes dans un monde uniforme	Causes uniformes dans un monde en évolution	Construction de phénomènes cycliques	Reconstitution d'événements historiques uniques	Continuité	Discontinuité
Cadre méthodologique général	Uniformitarisme substantiel	Actualisme méthodologique	Fonctionnaliste	Historique	Causes uniformes Temps longs Pas de rupture	Causes uniformes Rupture (sauts)
Cadre théorique de référence	Uniformitarisme strict	Évolutionnisme	Anhistorique Temps cycliques	Directionnaliste Temps linéaires Dirigés	Anticatastrophisme Actualisme	Équilibres ponctués Actualisme
Nom	Stationnarisme	Évolutionnisme	Fonctionnalisme	Historicisme	Gradualisme	Saltationnisme

l'évolution : les *espèces*. Ces *espèces* sont soumises, dans un cadre global qui correspond à leur environnement naturel, à des *variations génétiques* qui sont à l'origine de l'apparition ou de la disparition de *structures* particulières pouvant conduire à de nouvelles *fonctions*. La sélection naturelle procède à un tri de ces structures. Les espèces qui perdurent sont dites « adaptées ». Celles qui ne le sont pas ont une probabilité plus faible de subsister.

La théorie de la tectonique des plaques met en scène une toute autre catégorie d'objets, considérés eux aussi comme les acteurs principaux des explications des géologues : les *plaques lithosphériques*. Dans un cadre global correspondant à la partie superficielle de la Terre, ces plaques *naissent*, se déplacent au cour d'une lente évolution lors de laquelle elles *vieillissent* et s'épaississent avant de s'enfoncer dans le manteau et *disparaitre*. Cette lente évolution laisse des *traces* à la surface de la Terre car la partie continentale des plaques ne disparait pas tout à fait. Il reste donc à la disposition des géologues les vieux continents ayant gardé des stigmates de leur passé. Et par chance, il existe même des zones continentales ayant conservé des traces de la partie océanique des plaques (normalement disparu par subduction) : les ophiolites.

Fonctionnalisme et historicisme dans un cadre évolutionniste

Sans aller jusqu'à comparer espèces et plaques lithosphériques, il nous parait intéressant de voir dans ces deux cadres théoriques majeurs de la science un point commun : l'évolution du monde de ces objets, que ces objets eux-mêmes participent à construire. Ces objets de sciences sont les acteurs principaux d'une histoire que les scientifiques tentent de reconstituer, mais ce sont surtout les « témoins » de leur passé, car ils portent des traces de ce passé. Les êtres vivants sont porteurs de caractères qui leur viennent des générations précédentes, ce qui traduit leur parenté. Les plaques tectoniques sont porteuses des traces de leur histoire géologique : les minéraux du métamorphisme permettent ainsi de raconter des conditions (pressions et de températures) de formation des roches, les fossiles permettent de déterminer des conditions de profondeur de sédimentation, les indices tectoniques permettent de préciser des mouvements de surrection des montagnes...

Une fois ce cadre posé, les explications qui s'y mettent en place doivent répondre à deux types d'exigences :

Une exigence fonctionnaliste : l'explication doit pouvoir mobiliser une loi qui permet de décrire le phénomène en jeu. Cette loi est censée pouvoir dresser, dans l'idéal, une explication fonctionnaliste « *exprimant des rapports indifférents à toute polarité temporelle* » (Gayon, 1993, p. 41). Dans la

mesure où, en géologie, ces lois relèvent principalement de la physique et de la chimie, la mise en œuvre de ces lois correspond à la recherche d'une cause au phénomène étudié : nous sommes donc dans ce cas dans une situation d' « *asymétrie temporelle* » dans laquelle la cause précède l'effet. La philosophie des sciences que nous avons convoquée en première partie (voir section1.1) désigne cette approche par la recherche des possibles. Dans un cadre idéal, ce possible se recherche dans la cause nécessaire et suffisante, ce que nous avons défini par le « possible logique », atemporel. Mais comme le dit Gayon (1993)dans le cas de la biologie, il faut se contenter d'un « *concept affaibli de la cause* ». Nous voyons ici se détacher un lien avec ce que Granger (1995b) considère comme le possible ontologique. C'est un possible imaginé non pas dans un contexte idéal (nous dirions « sans contraintes d'actualisation ») mais plutôt un possible pensé dans sa capacité à survenir. Cela signifie que l'on imagine la cause dans sa capacité à « être » à l'origine de l'effet. Cette cause peut être, en biologie, une *condition nécessaire mais non suffisante* (une infection par un bacille peut être une condition nécessaire mais non suffisante pour que survienne la maladie par exemple). Et une cause peut également être une condition ni nécessaire ni suffisante (cas du tabac comme responsable des infarctus : le tabac n'est à lui seul ni nécessaire ni suffisant pour être à l'origine de l'infarctus) (Gayon, 1993, p. 42). Si l'on se place dans la cadre de la géologie, ces considérations s'appliquent du fait que les causes géologiques partagent avec les causes biologiques leur *complexité*. Cependant ce cadre de causalité n'est compatible avec l'idéal nomologique de la science qu'à la condition d' « *adopter une interprétation épistémologique un peu plus raffinée des relations causales "faibles"* » (Hull in Gayon, 1993, p. 42). Il faut pour cela concevoir la « *cause comme un ensemble de conditions* suffisantes *pour produire un effet, chaque condition étant* nécessaire *à l'intérieur de cet ensemble* » (Gayon, 1993, p. 42). Ainsi, chaque processus « microscopique », ou en tout cas pris comme élémentaire, peut être considéré dans sa *causalité logiqu*e, qui mobilise le nécessaire. Chaque processus « macroscopique », que l'on considère dès lors dans leur complexité, et qui correspond à *l'effet* sur lequel est portée l'attention peut, lui, être considéré dans sa *causalité ontologique*. Cela nous renvoie donc à la capacité d'actualisation des possibles que nous avons étudiée plus haut. Et l'on comprend ici que cette capacité d'actualisation du possible dépend fortement du contexte (Gayon, 1993)dans lequel il est engagé.

Une exigence historique : pour le dire de façon très simplifiée, les explications qui mettent en scène les objets géologiques doivent tenir compte du fait que

ces objets *vieillissent*. C'est, nous en avons conscience, une vision très « anthropocentrée » qui nous permet de dire qu'ils sont engagés dans un temps linéaire qui définit un début de leur histoire et une fin. Entre le début et la fin de cette histoire, des événements se produisent, qui changent la face du monde, de façon plus ou moins importante. Ainsi, l'apparition des végétaux chlorophylliens a transformé profondément le visage de la Terre, tout comme l'apparition des hominidés d'ailleurs ! Ce qui caractérise cette approche c'est la considération de leurs *événements successifs*. En biologie, des *généralisations empiriques* sont faites à partir de ces séquences régulières d'événements : c'est le cas des phénomènes embryologiques par exemple. En géologie, de telles généralisations sont possibles concernant les différentes phases de surrection d'une chaine de montagne après fermeture océanique. Mais ces généralisations sont purement descriptives (Gayon, 1993, p. 43) et ne sont pas à considérer comme des lois : de ce point de vue, l'activité scientifique est a rapprocher des conceptions phénoménologiques de la philosophie des sciences que nous avons évoquées plus haut. Les reconstitutions historiques sont ainsi à placer sous le règne de la *contingence historique*. Il est définitivement impossible dès lors de constituer des lois qui régissent de tels péhnomènes. De ce point de vue, un historicisme qui désirerait dresser les lois de l'histoire est totalement illusoire. C'est d'ailleurs ce qu'a voulu montrer Popper dans son article « *Misère de l'historicisme* » (Popper, 1956) dans lequel il montre que cette approche théorique de la prédiction historique ne peut porter ses fruits (Ladrière, 1960, p. 632). Nous mobilisons pour notre part une toute autre conception de l'historicisme : celui-ci répond au fonctionnalisme et au structuralisme et correspond à « *toute explication causale enracinée dans la diachronie* » (de Ricqlès et Gayon in Heams *et al.*, 2011a, p. 148, en note)). Cette approche convient bien à ce que nous avons défini dans le point précédent à propos de la cause, mais nous souhaitons aller ici plus loin dans l'idée que la temporalité est un des fondements majeurs de la causalité, que nous considérons dès lors comme une « *causalité historique* ». Cette causalité se construit sur des nécessités qui relèvent de l'antériorité des événements les uns par rapport aux autres. Nous les nommerons dorénavant des « *nécessité historiques* ».

Conclusion

Les géologues se placent dans un cadre évolutionniste pour décrire l'histoire de la Terre. Raconter l'histoire de la Terre, c'est en fait raconter l'évolution des objets qui la constituent. Les objets géologiques sont de bons représentants de cette histoire :

ils constituent donc des indices potentiels, à condition de pouvoir les « trouver », les recueillir, et les interpréter. En faisant le choix d'une pensée évolutionniste, les géologues écartent les formes de pensées naïves que représentent le catastrophisme et le fixisme. Mais ces approches ne sont pas à ignorer elles doivent en revanche être mises de côtés dans leur conception naïve et de ce fait considérées dans leur formulation rationnelle. L'histoire de la Terre est ponctuée d'événements qui se succèdent (ces événements sont parfois de grande ampleur et peuvent être qualifiés de catastrophiques) et qui modifient le visage de la Terre même. Ainsi, notre planète *change*, en surface et en profondeur. Raconter son histoire, c'est reconstituer ces événements qui font qu'elle « évolue », en les organisant dans le temps de façon rationnelle. Mais comment dès lors rechercher les causes de tels événements géologiques ?

Si les objets géologiques sont engagés dans l'histoire d'un monde qui évolue, qui change, comment savoir dès lors quels mécanismes peuvent être à l'origine de ces objets du monde ?

Il semblerait qu'il faille nous tourner tout d'abord du coté de la recherche des *causes* des phénomènes géologiques. Il s'agit ici de répondre à la question : quelles causes recherche la géologie ?

1.3.2 La recherche des causes en géologie

Si nous voulons aller plus loin dans la compréhension des modalités de recherche des causes en géologie, nous devons nous questionner sur la mise en œuvre de *l'actualisme*. Il nous parait important de penser l'actualisme dans le cadre général de la science dans lequel il s'insère. En effet, au delà de la géologie qui le mobilise de façon presque systématique, la recherche des causes des phénomènes dans le cadre des sciences historiques pose problème dans la mesure où les contraintes épistémologiques qui s'imposent aux explications se confondent.

Nous souhaitons donc montrer ici que les causes recherchées en géologie historiques relèvent d'une *approche historiciste*, que nous proposons ici de définir précisément. Il s'agit pour nous de poser comme incontournable *la recherche de causes dans leur temporalité*. Cela nécessite en premier lieu de préciser ce qu'est une *cause* en science et en géologie. Cela nous conduira à rechercher le statut de la cause dans le cadre d'une histoire en cours de reconstruction. Nous montrerons ainsi que les constructions narratives de la géologie mobilisent une forme de causes différentes des causes habituellement considérées en sciences. Cela nous permettra notamment de poser le cadre *historiciste* de la géologie, qui se situe, comme toutes les sciences empiriques, entre *loi* et *histoire*.

1.3.2.1 Une approche étiologique de l'explication en géologie

Dans le sens commun, cause et temps ont tendance à se confondre, à s'interchanger sans que cela ne semble poser de problème a priori. Mais la science fait une distinction forte entre le temps et la cause, et nous avons vu plus haut que se confronter au réel ou au temps ne relève pas du même cadre. Or nous arrivons là au stade où la compréhension de la mise en œuvre de l'actualisme nécessite de faire un lien entre cause et temps, dans ce que nous avons désigné (en l'empruntant à Ricœur (1984)) par : la *causalité narrative*. Il s'agit ici pour nous de montrer que l'actualisme, ou comme nous l'avons déjà dit « *le principe méthodologique des causes actuelles* », suppose de mobiliser non seulement une causalité qui écarte le temps des explications et qui est propre aux sciences fonctionnalistes, mais également une causalité qui *utilise le temps* dans ses explications et qui est propre aux sciences historiques.

Pour cela nous verrons ce que sont les causes en sciences et quelles « formes variées » elles peuvent prendre. Nous verrons ensuite comment la *temporalité* s'impose comme problème dans la recherche des causes. Enfin, nous reviendrons sur les modalités de l'actualisme méthodologique afin d'en comprendre les enjeux dans le cadre de la reconstitution d'une histoire géologique.

L'explication par les causes

Rappelons tout d'abord que nous avons défini des situations dans lesquelles un des enjeux majeurs est celui de *l'explication*. Le médiateur cherche à se faire comprendre, et cherche à faire comprendre un contenu disciplinaire. En nous appuyant sur Vergnioux (2003), nous avons considéré que la géologie en tant que science de la nature, construit ses explications en direction de trois objectifs :

- exhiber les causes des phénomènes étudiés
- établir les relations entre les phénomènes étudiés
- vérifier expérimentalement les hypothèses et les modèles construits *in abstracto* (Vergnioux, 2003, p. 14)

L'explication repose donc sur la recherche de « *ce qui est à l'origine de ce qui se produit* ». La cause est ainsi ce sur quoi porte l'attention du scientifique qui souhaite prouver que le phénomène ne relève pas du mystérieux, du mystique. Exhiber la cause, c'est montrer que le phénomène ne naît pas spontanément de rien. Ce qui renvoie au fondement de la causalité aristotélicienne : ce qui caractérise la cause c'est sa *nécessité, « ce sans quoi le phénomène à expliquer (explicandum) ne serait pas ce qu'il est en lui même et non par accident »* (Vergnioux, 2003, p. 50).

Les quatre formes de causalité selon Aristote

La notion de cause chez Aristote semble encore d'une grande modernité, et éclaire notre propos : quatre sortes de causes constituent la causalité aristotélicienne : *matérielle*, *efficiente, formelle*, *finale*. Gould (1990) en a fait une présentation imagée que nous reprenons afin de distinguer ces quatre sortes de causes :

> « *Ainsi dans l'ancienne parabole, une maison trouve sa cause matérielle dans la pierre ou la brique, sa cause efficiente dans l'art du maçon et du charpentier, sa cause formelle dans le plans de l'architecte (qui en eux-mêmes ne "font" rien au sens propre du terme, mais n'en sont pas moins la condition sine qua non de toute réalisation d'une structure), et sa cause téléologique ou finale dans le dessein et l'ambition de l'Homme, car on aurait point bâti la maison si personne n'avait nourri le désir de l'habiter* » (Gould, 1990, p. 122)

La forme causale sur laquelle nous souhaitons porter notre attention est la *cause efficiente*, dans la mesure où, comme nous le rappelle Vergnioux (2003, p. 50), elle correspond à « *l'enchainements d'états ou d'événements soumis à des relations strictement déterministes, les mêmes causes entrainant les mêmes effets* ». Cette conception de la cause, qui a fortement nourri la pensée positiviste, nous montre l'aspiration exagérée à trouver le déterminisme dans l'enchainement des événements. Nous souhaitons nous écarter de cette forme de causalité pour lui préférer une approche de la nécessité telle que la présente Aristote : « *il n'y a de sciences que du nécessaire* » (in Vergnioux, 2003, p. 52).

La cause selon Max Weber : une approche de l'idéal-type

Mais nous pouvons aller plus loin dans ce questionnement en nous référent à Weber quand il donne sa définition de la causalité. Celle-ci s'articule autour de deux idées fondamentales : la cause est d'une part *une liaison dynamique entre deux phénomènes qualitativement différents* et d'autre part *une subordination à une règle.* L'établissement de ces règles quand il s'agit de préciser les relations entre causes et effets relève de ce que Weber (1992) considère comme un « *jugement* ». Weber désigne ainsi cette forme de causalité comme une « *causalité par imputation* ». Ce que l'auteur désigne comme un jugement, nous pouvons le voir comme un choix rationnel de positionner un cadre légal spécifique (un champ théorique conditionnant le recours à des lois spécifiques = cadre nomologique) à un contexte particulier. Appliquer une règle, ce serait ainsi *juger* que ce cadre légal convient bien à la construction d'une explication. Allons plus loin encore. Freund, dans son introduction à l'ouvrage de Weber[23] propose de se questionner sur les formes de

23. (Freund (Introduction) in Weber, 1992, p 43)

causalités engagées dans l'analyse d'une avalanche qui arrache un bloc de rocher d'une paroi. Reprenons son texte :

> « *Supposons qu'une avalanche arrache un bloc de rocher d'une paroi et que celui-ci se fragmente en de multiples débris ? Sur la base des lois de la mécanique on pourrait donner une explication causale de la chute et approximativement de sa direction, de l'éclatement de débris et du degré de cet éclatement et, dans les cas favorables, de la direction de l'une et l'autre cassures. Pourtant à propos du nombre des débris, de leur forme et d'une infinité d'autres explications de ce genre, notre curiosité causale se réduit à reconnaître que tout cela n'est pas incompréhensible en principe, c'est-à-dire ne se trouve pas en contradiction avec notre savoir nomologique. Par contre, non seulement il sera impossible par suite de la disparition de la trace des déterminations concrètes d'opérer une véritable régression causale, au cas où l'on voudrait expliquer ses aspects, mais une telle tâche serait inutile* »(Freund, in Weber, 1992, p. 43)

Nous comprenons aisément que cette régression causale soit inutile. Et Vergnioux insiste en précisant que cela est « *théoriquement inutile* ». L'ensemble des phénomènes liés à la chute de ce bloc peut trouver une explication causale au sens strict. Il est vrai que la description précise et complète de ces phénomènes, même si elle était matériellement possible, n'en est pas moins *inutile*.

> « *Nous nous reposons en fait sur une confiance épistémologique globale en la validité ou la pertinence du modèle explicatif selon lequel nous estimons que, pour ce cas précis, cela relève des lois de la mécanique* »(Vergnioux, 2003, p. 58).

Il semble donc que, dans une certaine mesure, l'explication que l'on donne des faits empiriques puisse se détacher partiellement du cadre légal dans lequel la science nomologique tente de l'enfermer. Cette explication devrait alors pouvoir se construire à partir d'une causalité autre que la causalité nomologique. C'est ce que nous envisageons lorsque nous proposons l'hypothèse d'une causalité narrative comme mode d'explication des sciences. Cette causalité narrative relève donc d'une autre forme de recherche de la cause, qui essaye de s'écarter du déterminisme dans lequel le fonctionnalisme voudrait la cantonner.

Causes proximales / causes ultimes : Ernst Mayr

Cette autre forme de causalité à propos de laquelle nous réfléchissons, s'approche selon nous de celle développée par Ernst Mayr dans son « *Histoire de la Biologie* » (Mayr, 1989, 1995). La tension qu'il existe entre pôle fonctionnaliste et pôle historique dans la géologie nous conduit en effet à rapprocher cette discipline de

celle évoquée par ce grand biologiste de l'évolution. Ainsi, la biologie peut-elle être subdivisée en deux grandes catégories de recherche de la cause : les unes s'occupant des *causes proximales* des phénomènes biologiques (par exemple la physiologie), les autres concernant les *causes ultimes* des phénomènes biologiques (par exemple l'évolution des espèces)(Mayr, 1989, p. 105). *« Les causes proximales concernent les fonctions de l'organisme et de ses parties, ainsi que son développement, de la morphologie fonctionnelle jusqu'à la biochimie. Les causes ultimes (évolutives ou historiques), de leur côté, tentent d'expliquer pourquoi un organisme est comme il est* » (Mayr, 1989, pp. 106-107). Mayr donne ici sa définition de la distinction entre *sciences fonctionnalistes* et *sciences historiques*. Mais cette distinction avait déjà été faite par le géologue et logicien Whewell (1840), dans son étude des sciences inductives, lorsqu'il a forgé le terme de *sciences palétiologiques* pour désigner ce que nous nommons aujourd'hui « *sciences historiques* ». Cette distinction fonctionnaliste/historique prend donc également un sens dans la géologie. En effet, cette discipline articule les deux approches dans la mesure où elle tente non seulement d'expliquer le « fonctionnement » de la Terre, mais également de reconstituer son « histoire » (voir tableau 1.4).

Table 1.4 – Sciences fonctionnalistes / Sciences historiques

	Sciences fonctionnalistes	**Sciences historiques**
Désignation	Sciences nomologiques	Sciences palétiologiques
Visée des explications	Fonctionnement PROCESS	Structure PATTERN
Rapport au temps	An-historique	Historique
Champ disciplinaire type	Physiologie	Paléontologie
Cadre générale des énoncés	Loi	Histoire
Portée des énoncés	Universelle, dans le temps et l'espace	Limitée dans le temps et l'espace
Mode principal d'administration de la preuve	Expérimental	Consilience additive
Fondements méthodologiques	Répétabilité Test Réfutation	Comparaison Corrélation Cohérentisme
Causalité	Cause proximale	Cause ultime
Mode de raisonnement	Hypothético-déductif	Abductif Inductif

Causes finales : le problème de la pensée téléologique

La mobilisation d'un cadre évolutionniste nous impose d'analyser une autre forme de causalité qui est fortement influencée par le recours aux temps linéaires dans les explications. Ce type de causalité, que l'on range dans le cadre de la pensée téléologique, et qui se rattache à la causalité finale d'Aristote, désigne le fait qu'un phénomène peut être dirigé dans un but précis (Mayr, 1989, p. 79). C'est une forme de causalité dont le sens commun est fortement imprégné, et qui a été énormément sollicitée dans les théories d'influence religieuse qui ont voulu s'opposer à la théorie de l'évolution. Ce type causalité prend de nos jours des formes plus subtiles, qui ont été longuement analysées par plusieurs auteurs dans l'ouvrage « *Les mondes darwiniens* » (Heams *et al.*, 2011a).

Cette causalité nous intéresse car elle s'accorde bien selon nous avec les approches historiques, que nous avons délibérément placées dans un cadre évolutionniste. Le temps sagittal nous parait en effet particulièrement adapté pour stimuler le recours à cette forme de causalité : la flèche du temps ne semble-t-elle pas justement indiquer la direction à suivre ? Nous souhaitons démontrer que cette approche représente en fait un *obstacle épistémologique* important dans la reconstitution de l'histoire géologique, car, si l'histoire suit un but précis, la *contingence des événements le long de cette histoire n'a plus de sens*. Nous aurons l'occasion de montrer également que les temps cycliques, probablement davantage encore que les temps linéaires, sont particulièrement propices à l'usage de ces causes finales, la finalité de chaque cycle poussant à ce résoudre dans l'engagement dans le cycle suivant.

Mais ces causes peuvent montrer d'autres formes de subtilités que nous ne devons pas négliger, ni sous-estimer, car elles peuvent participer à des constructions pseudo-scientifiques particulièrement efficaces. Comme nous le précise Mayr (1989, pp. 79-82), les causes finales ne font que révéler les *intentions* de l'humanité à vouloir expliquer le monde dans lequel elle vit.

Quoiqu'il en soit, la causalité doit être vue maintenant dans le contexte propre à la géologie, car sa mise en œuvre présente une spécificité que nous voulons mettre en évidence.

Les causes dans leur contexte géologique

Causes physiques / causes géologiques

Si nous nous replaçons dans le cadre de la géologie, les réflexions précédentes nous conduisent maintenant à nous questionner sur les formes de causalités les plus à même de produire des explications rationnelles dans le cadre de la reconstitution d'une histoire géologique.

Les objets d'étude de la géologie ont la particularité d'appartenir à deux univers

disciplinaires : celui de la *biologie* d'une part (de très nombreux processus géologiques sont directement ou indirectement dépendants de l'activité des être vivants) et celui de la *géologie* d'autre part (le monde minéral). La recherche des causes impliquant des « entités » (les objets et processus scientifiques) très différentes pose donc problème. Mais si nous suivons toujours Hooykaas (1970), nous sommes amenés à considérer que quelque soit l'origine de ces entités, elles sont soumises à deux catégories de causes :

Causes primordiales : Ce sont des causes physico-chimiques qui sont applicables dans un cadre nomologique de la science. Leur portée universelle permet de penser les phénomènes du passé à partir des causes actuelles. Les analogies possibles offrent ainsi un cadre explicatif à condition que la mise en œuvre méthodologique de cet actualisme réponde à une forte rigueur.

Causes secondaires : Ce sont des causes que l'on pourrait qualifier, dans notre cadre de réflexion, de « *géologiques* ». Elles se caractérisent principalement par leur complexité. Or :

> « *Plus un phénomène est compliqué, moins il y a de chances pour que les nombreuses séries causales indépendantes qui viennent converger en lui se retrouvent en coïncidence à un autre moment et, si l'on observe un tel cadre présent, moins on a de raison d'extrapoler cette circonstance passée et de la considérer comme une clef dudit passé* » (Hooykaas, 1970, p. 75).

Aucun géologue, même le plus catastrophiste, n'a considéré comme possible une variation des causes primordiales le long des temps géologiques (Hooykaas, 1970). Ces causes sont en fait les lois de la physique et de la chimie telles que la loi de la gravitation universelle, la loi de désintégration radioactive... Par contre, les discussions qui ont confronté les géologues depuis le XVIIe siècle portaient elles sur les « *causes géologique encore agissantes* » (Orange-Ravachol, 2003), celles que nous avons désignées par *causes secondaires*. Nous avons eu l'occasion de dire déjà que ces causes étaient considérées par certains géologues (non-uniformitaristes) comme différentes du point de vue de leur *nature* et/ou de leur *intensité*. Revenons plus en détail sur cette dimension, qui nous permettra de préciser les conditions de mise en œuvre de l'actualisme.

Causes actuelles / causes passées

La recherche de la cause, dans le cas de la mise en œuvre de l'actualisme repose donc sur une *analogie* entre les causes agissant actuellement et les causes à l'origine des phénomènes géologiques du passé. Les lois qui gouvernent les processus géologiques sont donc utilisées dans leur universalité : et ainsi, si les conditions d'un

phénomène actuel se sont retrouvées de par le passé, alors les conséquences devraient en être les mêmes. Nous voyons donc que cela se limite nécessairement à des causes primordiales, qui permettent d'appréhender les phénomènes dans leur dimension élémentaire et générique. Dès lors que ces phénomènes deviennent complexes, l'analogie cesse d'être applicable directement. Les phénomènes complexes, nous l'avons déjà évoqué, ne sont pas reproductibles, notamment du fait que les conditions initiales qui président à leur accomplissement ont une très faible probabilité de se produire de nouveau.

De ce point de vue, les causes primordiales, rattachées à un cadre légal, permettent d'explorer le champ des possibles. Le recours à un raisonnement hypothético-déductif permet de fournir une solidité logique à l'énoncé. Les causes secondaires (géologiques) ne peuvent être explorées uniquement dans ce cadre légal : les lois de la physique et de la chimie ne peuvent à elles seules expliquer la surrection d'une chaine de montagne, l'enfoncement des plaques lithosphériques dans le manteau, etc. Le recours aux causes secondaires impose donc la mobilisation des autres formes de raisonnement, et notamment le *raisonnement abductif*. Ce raisonnement abductif se construit par *consilience additive* et a une valeur *rétrodictive*. Il met en cohérence maximale des caractères du présent « *et ne peut prédire que des états passés de la nature ou bien des états présents non encore observés* » (Lecointre in Heams *et al.*, 2011a, p. 535).

Deux éléments nous semblent ici fondamentaux quant à l'utilisation d'un tel raisonnement. D'une part, la *consilience additive*[24] est à considérer comme *« le gain de fiabilité apporté à un scénario ou une théorie tiré de la conjonction de faits indépendants non seulement compatibles entre eux, mais se renforçant mutuellement* » (Lecointre in Heams *et al.*, 2011a, p. 604 en note). Cette mise en conjonction de faits disparates produit une « *histoire* » dans la mesure où ce qui se construit repose fondamentalement sur la linéarité des temps impliquant des événements. D'autre part, la *rétrodiction* représente la méthodologie de référence, empruntée en partie au champ disciplinaire de l'Histoire, et qui produit des énoncés qui, dans le cas de nos situations, doivent s'intercaler entre science nomologique et science historique. Comment dès lors mettre en œuvre l'actualisme (principe uniformitarien) en articulation avec la consilience additive et la rétrodiction ?

24. « Le terme de consilience a été introduit par William Whewell en 1840 dans « *The Philosophy of the Inductive Sciences, founded upon their history* », un ouvrage dont s'est pénétré Darwin et qui introduit au type d'argumentation qu'il utilisera dans L'*Origine des espèces* comme administration de la preuve. (Cf. Phillip Sloan, "Evolution", Standford Encyclopedia of philosophy.) » (De Ricqlès & Gayon in Heams *et al.*, 2011a, en note)

1.3.2.2 L'actualisme : un principe méthodologique uniformitarien dans un monde en évolution

Notre avançons ici encore un peu plus loin dans la recherche d'une définition de l'actualisme au travers d'une approche à la fois épistémologique et historique. Nous évoquons ensuite les obstacles associés à cette mise en œuvre de l'actualisme. Nous terminons cette section sur les variétés de formes de l'actualisme mobilisées par les géologues.

Une définition de l'actualisme

Le principe des causes actuelles, dont la paternité a souvent été attribuée à James Hutton, est évoqué pour la première fois par Deluc (Gohau, 2003, p. 10), qui utilise une terminologie française [25] pour décrire des processus dont il veut dénoncer les causes. La définition d'actualisme que nous choisissons est celle présentée de façon métaphorique et pourtant très pertinente, reprise par Gohau (2003) :

> « *Le présent est la clef du passé* » (Gohau, 2003, p. 15)

C'est donc par le biais du présent que le géologue peut se projeter vers la passé, qui devient dès lors « *accessible par la double connaissance des lois de la nature et de l'état présent de l'univers* »(Gohau, 2003, p. 15). Mais ce mode d'investigation, typiquement scientifique [26], ne donne pas accès à l'histoire (Cournot, 1851). C'est donc par une méthode historique que la reconstitution du passé géologique peut se faire :

> « *le passé* [...] *devient la clef du présent* » (Gohau, 2003, p. 15)

Les « uniformitariens » modernes considèrent donc qu'entre présent et passé, les causes sont identiques en nature, mais pas en intensité. Ils sont en quelque sorte « *actualistes quant à la méthode, mais non-uniformitariens quant à leurs systèmes* » (Hooykaas, 1970, p. 125). L'actualisme est donc bien avant tout un principe méthodologique.

Sur ce point Gould (1965) apporte des précisions sur la mise en œuvre d'un tel principe. Dans un article qui a fait date, il développe l'idée d'une distinction nette au sein de l'uniformitarisme, entre un « *uniformitarisme méthodologique* » et un « *uniformitarisme substantiel* »

25. Nous rappelons ici que la terminologie « *principe des causes actuelles* » (présenté par Pierre Pruvost comme inventé par James Hutton), a été maladroitement considérée comme une mauvaise traduction des « Actual causes » de la géologie anglo-saxonne. Le mot « actual » désignant en anglais le réel et non l'actuel. Cette explication a été invalidé par Gohau et Ellenberger, qui ont montré que c'est bien à Deluc qu'il faut attribuer la paternité de la formule « Principe des causes actuelles » qu'il a utilisée dans ses lettres à Delaméthérie (Gohau, 2003, p 10).

26. Gould emploierait le terme de « *caricature* » de science.

L'*uniformitarisme méthodologique* consiste en une analyse des « *phénomènes géologiques anciens considérés dans un cadre de causes à effets référé aux observations actuelles* » (Babin, 2005, p. 16). C'est, comme le dit Orange-Ravachol (2012, p. 78) « *une procédure banale de démarche scientifique, qui, au demeurant ne caractérise pas spécifiquement la géologie* ». On peut donc y voir une forme d'adaptation à la géologie d'un principe plus général, qui concerne la science, qui met en œuvre des lois universelles, qui ont une valeur absolue et s'appliquent de tous temps et en tous lieux. C'est d'ailleurs cette conception de l'actualisme qui pousse Ellenberger (1994, p. 12) à dire que :

> *« le fameux "Présent, clef du passé" n'est à lui seul qu'un truisme : à moins de déclarer que l'on va purement et simplement inventer a priori l'histoire passée de la Terre, le plus simple bon sens impose de partir des données concrètes offertes par la géographie et par le contenu du sous-sol »*

Mais il ajoute qu'il faut en conséquence « *ajouter impérativement un complément à cette vérité première : un "Pari sur le Passé"* » Ellenberger (1994, p. 12).

L'uniformitarisme substantiel enferme quant à lui « *dans un système qui admet, sans pouvoir le démontrer, que tous les phénomènes géologiques du passé ont leurs équivalents actuels tant dans leur nature que dans leur intensité* » (Hooykaas, 1970, p. 16). Cette démarche n'est pas tenable dans les sciences contemporaines. Gould (1965, 2006, 1989) défend ainsi l'idée que la bataille contre les explications fantastiques, divines et surnaturelles étant gagnée, le terme est devenu actuellement anachronique [27].

Cependant, comme nous avons pu l'évoquer plus haut avec Hooykaas (1970, p. 122), *« l'alternative paraît être d'une autre sorte, car si le principe d'uniformité fait partie de la définition de toutes les sciences, physique comprise, la plupart des catastrophistes l'acceptaient nécessairement aussi »*. La question de l'emploi de l'actualisme est ainsi renvoyée au type de causes à considérer, les causes géologiques étant, comme on l'a dit, « complexes » et d'une manipulation « vague et mal définie » (Hooykaas, 1970, p. 122).

Les obstacles épistémologiques à la mise en œuvre de l'actualisme

Il n'en reste pas moins que, pour tenir compte de cette complexité des causes géologiques, c'est avec un soin particulier que les géologues opèrent. C'est à la

27. Nous souscrivons entièrement à l'appréciation de Orange-Ravachol (2012, p 79) qui considère que les récents courants fondamentalistes rendent le propos de Gould contestable.

suite de ce constat que Shea (1982) a dressé une liste d'idées fausses concernant le recours à l'uniformitarisme. Ces idées fausses sont présentées dans la figure 1.3.1. Elles mettent en évidence la *diversités* des difficultés à mettre en œuvre le principe

FIGURE 1.3.1 – Twelve fallacies of unifomitarianism (Shea (1982) in Orange-Ravachol (2012, p. 79))

Twelve fallacies of uniformitarianism

- *Uniformitarianism is unique to geology.*
- *Uniformitarianism was first conceived by James Hutton.*
- *Uniformitarianism was named by Charles Lyell, who established its definitive modern meaning.*
- *Uniformitarianism should be called « actualism » because it refers to the « actual » or « real » events and processes of Earth history.*
- *Uniformitarianism holds that only currently acting processes operated during geologic time.*
- *Uniformitarianism holds that the rates of intensities of processes are constant through time.*
- *Uniformitarianism holds that only « gradual », « noncatastrophic » processes have occurred during Earth's history.*
- *Uniformitarianism holds that conditions on Earth have changed little through geologic time.*
- *Uniformitarianism holds that Earth is very old.*
- *Uniformitarianism is a theory or hypothesis and can be tested.*
- *Uniformitarianism applies only as far back in history as present conditions existed and only to Earth's surface or crust.*
- *Uniformitarianism holds that the laws governing nature are constant through space and time.*

de l'actualisme, y compris chez les géologues. De ce point de vue, nous suivons Orange-Ravachol (2012) qui voit dans cette présentation prescriptive de l'usage de l'actualisme un frein à son inscription dans une démarche de problématisation. En effet, il ne s'agit pas dans ce contexte, de savoir si l'usage de l'actualisme est juste ou non. Il semble préférable au contraire de se questionner sur sa capacité à engager une tension entre les registres qu'il mobilise.

Nous concluons ainsi sur un dernier point important quant à la manière de recourir à l'actualisme. Dans la mesure où il conduit à envoyer vers le passé des règles de causalité, l'actualisme relève principalement d'un fonctionnalisme : il met en évidence des mécanismes à l'œuvre dans les processus géologiques. Nous aurons l'occasion plus loin d'évoquer dans le détail cette dimension fonctionnaliste de la géologie (voir section 1.3.3 page 94), mais nous voyons déjà que se pose la question de la mobilisation des temps géologiques dans le recours à l'actualisme. L'actualisme semble dès lors un outil méthodologique permettant l'exploration des phénomènes du passé. Mais qu'en est-il des événements ? Quel rôle l'actualisme peut-il jouer dans la reconstitution chronologique des événements géologiques qui se sont produits par le passé ? Avant d'aborder ce nouvel axe de réflexion sur les raisonnements en géologie, nous terminons cette partie en présentant les deux formes d'actualisme utilisés par les géologues tels que les a modélisés Orange-Ravachol (2003, 2005b).

Les formes d'actualisme mobilisées par les géologues

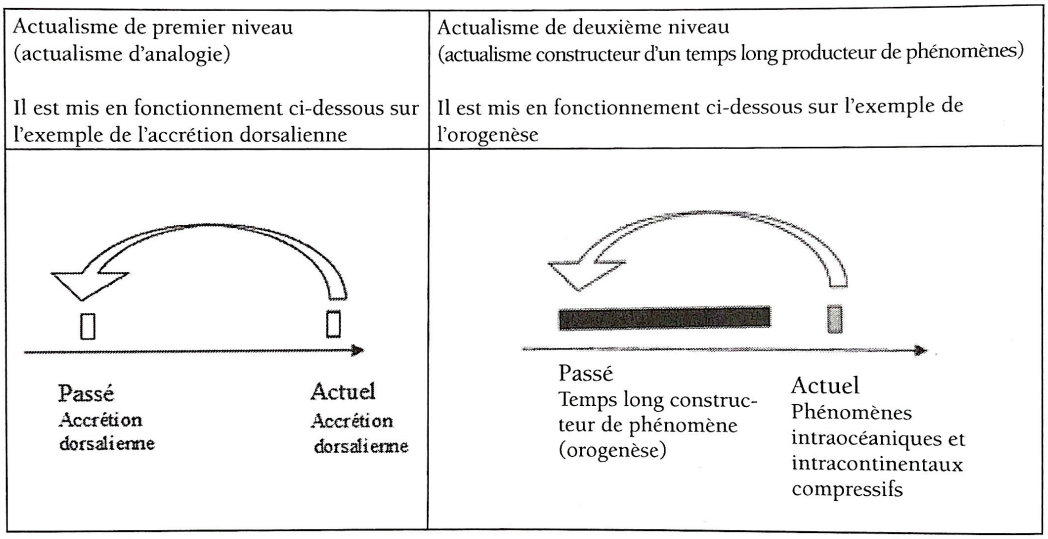
L'actualisme doit être considéré comme un principe *fonctionnaliste* qui permet, à partir des règles de causalité définies pour un mécanisme actuel donné, de produire une explication possible du mécanisme dans le passé. Ce passé représente, comme nous l'avons précisé en partie 1.1 page 12, et en reprenant la terminologie de Granger (1995b), un « *actuel-passé* ». En effet, par l'actualisme il est possible de se projeter dans le passé et par un exercice de pensée le géologue reconstitue un registre empirique *passé*, donc *virtuel*, mais qui n'a pas le même statut de virtualité que le non-actuel.

L'explication fonctionnaliste permise par la mise en jeu de l'actualisme, conduit à la construction de phénomènes géologiques, selon deux modalités différentes : par transposition directe des phénomènes actuels (= Analogie) et par mise à l'œuvre des temps longs (voir fig 1.3.2 page suivante).

L'actualisme d'analogie est un actualisme de premier niveau qui correspond à la transposition dans le passé d'un phénomène géologique actuel (Fig 1.3.2, à gauche) . Un phénomène dont la conceptualisation s'appuie sur une articulation d'un cadre théorique avec un registre empirique « actualisé » donne naissance à un modèle explicatif « transportable vers le passé ». Dans l'exemple présenté, le modèle de l'accrétion océanique, validé par des observations de terrain, est transporté vers le passé et permet ainsi de proposer le phénomène de l'accrétion comme modèle explicatif des phénomènes magmatiques au niveau de dorsales passées. Nous aurons l'occasion de montrer plus loin que la facilité d'accès à l'analogie rend aisée le recours à des formes *naïves* de cet actualisme (voir section 2.1.3 page 127).

L'actualisme constructeurs de temps longs producteurs de phénomènes mobilise des phénomènes actuels (comme par exemple de la tectonique compressive intracontinentale et intraocéanique) qui ne peuvent, à eux seuls, expliquer les structures géologiques actuelles (Fig 1.3.2, à droite). S'impose alors à l'explication, la mobilisation de *temps longs*, seuls capables de rendre compte des structures géologiques. L'articulation de la nécessité des temps longs avec des vitesses de processus très lentes, conduit à la construction de phénomènes tels que les orogenèses, phénomènes qui n'ont aucun analogue dans le registre empirique. Pour le dire autrement, *l'actualisation* — au sens de Granger — d'un tel phénomène n'est pas perceptible à l'échelle humaine. C'est pour cette raison que cette forme d'actualisme est davantage exigeant (Orange-Ravachol, 2003, 2012) que l'actualisme d'analogie dans sa mise en œuvre car il suppose de s'engager dans l'exploration d'un *univers des possibles* qui est relativement moins accessible.

FIGURE 1.3.2 – Formes d'actualisme mobilisées par les géologues (d'après Orange Ravachol, 2012)



Conclusion

Les causes à l'origine des phénomènes du monde sont considérées comme *uniformes*. Mais les événements singuliers qui se produisent sont eux *contingents* : ils ne suivent pas une règle. Ils auraient pu ne pas se produire. Le monde tel qu'il est correspond donc au résultat cumulé de ces événements, qui l'ont façonné. Reconstituer les événements demande aux géologues de déterminer les conditions de possibilité de leur survenue. Il s'agit de comprendre dans quelles mesures se sont produit des phénomènes géologiques connus dans l'actuel, et que le géologue peut transposer dans le passé. Ce principe qui permet de penser le passé à partir du présent est l'*actualisme* selon lequel les causes du passé sont sensiblement les mêmes que celles de l'actuel.

Mais quel mode de raisonnement permet la mise en œuvre d'un tel principe ? En d'autres termes, quelle forme d'explication l'actualisme est-il en mesure de produire dans sa mise en œuvre en géologie ? Quelles formes de causalité sont mobilisées dans la mise en œuvre de l'actualisme ?

Les causes à l'origine des objets géologiques étant considérées comme uniformes dans le temps : il ne semble pas y avoir de limitations à l'usage du principe de l'actualisme. Mais dans ce monde dirigé par des lois constantes, les événements qui se produisent sont singuliers, non réductibles à un fonctionnement dans un cadre légal. Cela n'est pas sans poser de problème quand il s'agit de reconstituer la succession des événements géologiques d'une région donnée. L'actualisme semble efficient quand il s'agit de produire des explications de nature « mécaniste ». Mais

dans quelles mesures cet actualisme peut-il procéder à une reconstitution historique, qui ne peut se réduire à une explication fonctionnaliste ? Le fait de remonter aux causes permet-il de construire une histoire ? Comment reconstituer une histoire géologique faite d'événements avec un actualisme qui permet de reconstituer des phénomènes ?

Nous devons à ce stade comprendre les modalités de *construction des explications* en géologie, notamment en mettant en évidence le rôle tenu par le temps dans la recherche des causes. Entre recherche des causes et reconstitution des événements dans le temps, comment raisonne le géologue ?

1.3.3 Les modes de raisonnement en géologie

Les modes de raisonnement scientifiques qui fondent les Sciences de la Terre se confrontent à une double approche *fonctionnaliste* et *historique*. L'épistémologie de cette discipline nous rappelle qu'elle se nourrit de deux types de sciences : les sciences nomologiques et les sciences palétiologiques. Nous analysons ici successivement les modes de raisonnement de ces deux univers de construction de la science. Nous pourrons ainsi préciser en quoi la recherche des causes géologiques par mise en œuvre de l'actualisme relève principalement du fonctionnalisme et ne répond donc que très partiellement aux exigences de la reconstitution historique.

1.3.3.1 Les modes de raisonnement dans les sciences nomologiques

Les sciences nomologiques étudient les "*causes prochaines*" (Mayr.E, 1982 in (Lecointre, 2009a, p. 76). Elles édictent des lois à portées universelles et illimitées dans l'espace et le temps. La physiologie, la chimie et la physique sont des sciences nomologiques. Elles disposent de *lois hypothético-déductives* pour soumettre les faits à une approche empirique. Les causes prochaines peuvent donc être expérimentées et conduire à la mise en place de théories prédictives. Les Sciences de la Terre, dans la mesure où elles mobilisent souvent les sciences physiques et chimiques s'appuient beaucoup sur des raisonnements de type hypothético-déductif.

Ce raisonnement se caractérise par son ossature très logique qui lui confère une efficience certaine dans la compréhension des causes prochaines. Il est considéré comme rigoureux car les résultats qu'il produit sont irréfutables [28], dans le cadre des contraintes qu'il se fixe, mais selon Gohau (1992) : *« la déduction pure se réduit au syllogisme de la logique formelle »* et peut de fait tomber dans une forme de

28. L'approche hypothético-déductive est un puissant mode de raisonnement surtout du fait de sa capacité à réfuter, mais la validation d'une hypothèse conserve une part de doute qui "fragilise" l'énoncé scientifique(Gohau, 1992). Ainsi, si les énoncés sont irréfutables dans le régime de contraintes établi pour raisonner, l'hypothèse quant à elle, conserve sa *réfutabilité*, au sens de Popper.

rigorisme. De plus, ce mode de raisonnement n'est opérationnel que dans le contexte qu'il s'impose pour fonctionner (Lecointre, 2009a). Il y aurait donc une sorte de logique interne dans le raisonnement déductif qui l'empêcherait de fonctionner « *en dehors de son cadre de contraintes* », rendant toutes généralisations invalides. Le recours systématique à l'hypothético-déductif favoriserait ainsi *« la pensée convergente »* (Bomchil et Darley, 1998, p 105) et donnerait accès à une science trop normalisée.

1.3.3.2 Les modes de raisonnement dans les sciences palétiologiques

Les sciences palétiologiques (ou sciences historiques), qui étudient les *« causes ultimes »* (Lecointre, 2009a, p. 76) produisent des explications historiques, qui renvoient à des causes contingentes et qui n'ont qu'une très faible probabilité de se produire de nouveau. La philogénie, la sociologie et l'Histoire entrent dans cette catégorie. Elles ont recours au raisonnement inductif et abductif, ne construisent aucune loi (tout au plus des règles) et n'ont aucune compétence prédictive.

Le raisonnement inductif, telle que le présente (Gohau, 1992, p. 157), *« pose de nouvelles vérités mais sans que ces dernières puissent prétendre à la certitude »* (in Bomchil et Darley, 1998, p. 85). Karl Popper la décrit comme totalement indépendante de toute théorie préalable et la déclare inopérante pour faire évoluer la science. L'approche positiviste de l'observation « pure » qui a tendance à imprégner la démarche inductive s'oppose en effet à celle évoquée plus haut et que l'on qualifie de conceptuelle. Mais cette présentation assez caricaturale est critiquée par A.Comte (1835) lui-même : *« les lois naturelles sont établies dans la constante subordination de l'imagination à l'observation »* (Comte, 1835). Quoi qu'il en soit, l'induction apporte du nouveau dans la démarche scientifique (Lecointre, 2009a) et permet donc d'explorer le champs des possibles. La recherche de causes plausibles (Lecointre, 2009a) dans les sciences historiques repose sur cette capacité de l'induction à envisager, nous dirions alors à *« conjecturer »* (Bomchil et Darley, 1998) des possibles inenvisageables dans une démarche hypothético-déductive. La pensée divergente ainsi sollicitée pour formuler des hypothèses, sans soutien nécessaire de l'observation reviendrait ainsi *« à définir la science par l'invention »* (Gohau, 1992).

Le raisonnement abductif est celui de l'enquêteur ou de l'historien qui *« partent d'états du monde constatés et, par une mise en cohérence de faits ou d'indices, infèrent par abduction les événements qui leur ont vraisemblablement donné naissance »* (Lecointre, 2009a, p. 75). Umberto Eco nomme ce procédé « la méthode du détective ». Selon cet auteur : « *L'abduction est un processus inférentiel (en d'autres termes, une hypothèse) qui s'oppose à la déduction, car la déduction part d'une règle, considère le cas de cette règle et infère automatiquement un résultat nécessaire* » (Eco, 1992, p. 248). L'abduction, elle, « *se construit par conjonction*

de la règle avec le résultat, (ce) qui conduit à conclure le cas » (Lecointre, 2009a, p. 75). Cette approche ne conduit pas à formuler des lois universelles mais plutôt à trouver *« une explication capable de désambiguïser un événement communicatif isolé »* (Eco, 1992). Ce mode de raisonnement est très sensible au *contexte* dans lequel se fait l'inférence (le possible, le probable) : le cadre de référence dans lequel se construit l'explication parait donc fondamental pour proposer une *règle*, c'est à dire un « possible »[29]. Il s'oppose donc, comme Eco le signale, à l'approche hypothético-déductive qui apporte des réponses rigoureuses mais valables uniquement dans le régime de contraintes imposées par la règle. Ce type d'inférence *abductive* permet donc de proposer ce qui est *plausible*, *possible*, *probable*. Donc, tout comme l'induction, il ouvre l'univers des possibles.

1.3.3.3 La prise en charge des causes par l'actualisme est de nature fonctionnaliste

La prise en charge des causes en géologie se fait comme nous l'avons déjà évoqué au sein de deux approches différentes : dans une approche fonctionnaliste, les causes recherchées ont un statut « mécaniste » ; elles correspondent à des causes physico-chimiques, expérimentables ou mesurables en général. Dans une approche historique, la causalité ne relève pas du mécanisme mais de l'antériorité. Les événements se succèdent dans un ordre précis : ils se positionnent dans le temps (temporalité) et s'ordonnent dans un ordre précis (historialité).

Nous comprenons dès lors que le recours à l'actualisme est typiquement fonctionnaliste. Il ne permet donc pas de procéder véritablement à la reconstitution de l'histoire géologique. Ces limites de l'actualisme doivent donc être franchies. La démarche historique consiste donc à franchir ces limites et à rechercher, au delà de l'approche fonctionnaliste, les *conditions de possibilité des événements* : c'est à dire les conditions nécessaires à ce que se produisent ces événements.

Or la perception de l'accomplissement d'un événement dans la réalité relève d'une actualisation. Cette actualisation prend deux sens sensiblement différents : c'est à la fois la production de l'événement dans le réel du sujet (dimension ontologique de l'actualisation) mais aussi la perception des traces de cet événement (dimension épistémologique de l'actualisation). Que cet événement se « produise » ou « se soit produit », cela change peu notre acception car nous considérons que nous ne le percevons qu'au travers de traces perceptibles qui nous permettent de remonter à son origine, c'est à dire ce qui a fait qu'il s'est produit. Ainsi, ce qui était de l'ordre du « possible » devient « réel » au sens où il se produit dans l'actuel, c'est-à-dire dans le présent du sujet pensant. Expliquer le présent d'un objet revient donc à comprendre comment, depuis une existence *possible* il est passé à une

29. ou bien écarter un « impossible »

existence *réelle*. La géologie est donc en tension entre le *réel* (tout ce qui est possible) et l'*actuel* (tout ce qui existe dans le monde perceptible). Mais dès lors que l'actuel existe, il appartient au passé du sujet. D'abord au passé immédiat, puis au passé proche puis enfin au passé lointain. Le principe de l'actualisme s'applique indifféremment aux objets du passé immédiat, proche ou lointain : la causalité que l'on pourrait reconstituer afin d'expliquer l'origine de l'événement qui s'est produit est envoyée vers le passé pour expliquer l'actuel.

La géologie mobilise donc potentiellement ces trois types de raisonnements, selon sa façon de prendre en charge les *causes*.

L'approche déductive offre une rigueur scientifique mais ne produit aucune innovation : le passé se construit donc sur un *actuel transposé*, ce qui est désigné par « *principe des causes actuelles* » ou *actualisme*. *Le virtuel* et l'*actuel transposés* semblent être des éléments fondamentaux des modes de raisonnement en géologie. La mise en œuvre de ce doublet virtuel/actuel transposé, qui constitue en fait le principe méthodologique de l'actualisme, permet de procéder à une recherche des causes du passé : les virtualités constituent le cadre théorique de réflexion pour imaginer les possibles. La transposition du présent permet de contraindre la construction d'un registre empirique passé.

Les raisonnements inductif et abductif proposent quant à eux une ouverture vers des virtualités qui envisagent des « *passés possibles* » et qui permettent ainsi de construire le passé à partir d'un présent « *reconfiguré* » et non pas seulement transposé.

Il semble donc que ce soit par une *articulation des modes de raisonnement* que la géologie puisse s'engager dans des reconstitutions historiques en exploitant des indices de terrain. Mais pour être plus précis, c'est la mise en œuvre du raisonnement hypothético-déductif (qui prend appui sur le principe de l'actualisme) associée à un raisonnement abductif (mettant en cohérence les indices de terrain) qui permet de reconstituer la succession des événements géologiques dans l'espace et le temps.

Conclusion : mobiliser un non-actuel géologique de terrain, entre loi et histoire

La géologie tente d'expliquer les phénomènes qui se produisent sur Terre en recourant à deux démarches qui se complètent : une démarche fonctionnaliste qui recherche le fonctionnement du système Terre, et un démarche historique qui cherche à reconstituer son histoire.

La Terre est considérée comme subissant des processus dont les causes sont les mêmes actuellement que par le passé : c'est le principe des causes actuelles. Ces causes sont considérées comme identiques en nature et en intensité : c'est le principe de l'uniformitarisme. Mais dans un monde en évolution, il existe des

limites à ces principes, liées à la complexité des phénomènes et au fait que, une fois produit, ces phénomènes ont changé le monde. Le monde d'avant n'est désormais plus le même que le monde d'après ces phénomènes. L'uniformitarisme s'oppose au catastrophisme, qui n'est dès lors pas nécessaire si les temps longs sont mobilisés pour expliquer les phénomènes très lents à l'échelle humaine.

Les raisonnements qui sont utilisés en géologie dépendent du cadre dans lequel ils se mettent en place. Dans un cadre nomologique, la géologie a recours à la démarche hypothético-déductive : elle s'inscrit dans un cadre légale (les énoncés dépendent des lois et/ou règles qui sont applicables dans ce cadre). Dans un cadre historique, la géologie mobilise principalement le raisonnement abductif, qui met en cohérence les faits entre eux et permet une lecture rétrodictive des événements du passé.

La recherche des causes en géologie suppose donc d'articuler causalité fonctionnaliste et causalité historique.

CONCLUSION

Le problème de départ posé par les situations que nous étudions est : comment raconter une histoire géologique en exploitant l'espace naturel dans lequel on se trouve ?

L'histoire géologique se construit sur des indices géologiques. Mais ces indices géologiques sont des objets géologiques ayant un sens donné, dans un cadre théorique de référence. Le message « contenu » dans les indices est donné par l'actualisme : c'est en quelques sorte lui qui fait parler les traces et les construit comme indices en mobilisant des causes actuelles pour expliquer le passé.

Les indices sont des objets du réel. La construction de ces objets en tant qu'objets géologiques dépend du rapport que la géologie a avec le réel. Le réel en science n'est pas limité au réel sensible. Le réel est constitué de l'*actuel* (ce qui est « expérimentable » au sens large) et du *non-actuel* (qui relève de la virtualité). Cela signifie que les objets du monde pré-existent dans des virtualités. Il est donc nécessaire de maitriser ces virtualités pour maitriser le réel. La géologie, qui tente de reconstituer une histoire des objets géologiques doit donc explorer ces virtualités.

Mais les indices ne sont pas seulement des objets du réel, ayant une existence dans l'espace. Ils existent également dans le temps, entre leur origine et le moment où ils s'actualisent dans le réel sensible. La reconstitution historique nécessite donc que l'on positionne les indices dans les temps géologiques.

Mais ce temps est peu accessible à l'entendement et il *ne se perçoit pas* : ce sont les instants qui nous donnent la notion du temps. Les temps des scientifiques également ne sont pas des temps perçus. Ce sont eux aussi des temps construits ; et ils sont fortement contrôlés. Nous nous appuyons sur l'hypothèse que le temps cyclique est le temps du microscopique, temps des phénomènes. Le temps linéaire est lui un *temps émergent*, à l'échelle macroscopique. C'est le temps des événements. Cela signifie qu'il y a un temps des causes physiques (temps cyclique => phénomènes) et un temps des causes géologiques (temps linéaires => événements). Mais une autre forme importante de temps existe en géologie, qui répond au problème de la lenteur des phénomènes géologiques : les *temps longs* sont *nécessaires* pour expliquer les structures géologiques de grande ampleur telles que les chaînes de montagnes.

Dans les situations d'« *éducation non-formelle* » (Jacobi, 1987b) que nous étudions, la mobilisation des savoirs géologiques entre un médiateur et son public suppose que l'on étudie les modalités de la mise en œuvre de tels savoirs géologiques. Il s'agit donc pour nous de mettre en évidence les *enjeux didactiques* qui sont engagés dans la reconstitution d'une histoire géologique sur le terrain.

Les enjeux sont donc pour nous organisés autour de trois niveaux de questionnements :

- Comment les objets du réel géologique sont-ils pris en charge au travers de

virtualités géologiques ? Comment actuel et non-actuel sont-ils mis en œuvre et partagés au travers du discours du médiateur ?

- ≻ Comment les temps géologiques s'organisent-ils par mise en cohérence des événements géologiques ? Comment le médiateur prend-il en compte la difficulté de perception/conception des temps, notamment des temps long géologiques ?
- ≻ Comment l'histoire géologique est-elle reconstituée au travers d'une mise en récit qui répond aux enjeux de rationalité des savoirs géologiques ? Et comment, par le récit, le médiateur fait-il émerger les temps longs géologiques nécessaires à la compréhension des événements géologiques ?

De tels questionnements formulés dans leur cadre épistémologique, renvoient ainsi à la problématique générale à laquelle nous sommes attachés dans ces recherches et qui se posent en terme de *reconstitutions historiques* impliquant le *réel*, le *temps* et la méthodologie mettant en œuvre ces deux éléments entre le *cadre légal* qui régit les phénomènes géologiques (les *lois*) , et le *cadre historique* dans lequel peuvent être reconstitués les événements. Mais après avoir considéré ce triptyque *réel / temps / loi et histoire*, du point de vue de la construction des savoirs par les géologues, nous devons l'aborder maintenant dans le cadre plus spécifique de sa mise en œuvre dans les *explications*, les *interprétations*, les *apprentissages* de la géologie, et notamment dans le contexte spécifique que nous étudions, en l'occurrence : *les situations de médiation de la géologie « sur le terrain »*.

Chapitre 2

ENJEUX DIDACTIQUES DES SITUATIONS DE MÉDIATION DE LA GÉOLOGIE DE TERRAIN

A partir du cadre épistémologique que nous avons mis en place dans la partie précédente (voir chap 1 page 11), nous envisageons maintenant de réfléchir aux dimensions didactiques vers lesquelles il renvoie. Rappelons le contexte : les situations que nous étudions correspondent à des activités géologiques de médiation sur le terrain au cours desquelles un médiateur produit un discours à destination d'un public. Le discours se construit autour de la découverte d'un lieu présentant un intérêt géologique avéré. La spécificité de ces situations réside bien dans le fait qu'elles se déroulent « sur le terrain » (pour reprendre une terminologie de géologue couramment utilisée, mais que nous aurons à définir précisément dans les lignes qui suivent).

La présence « sur le terrain », considérée en général comme une prise de contact directe avec le réel n'est pas anodine. L'idée bien ancrée que ce contact « direct » avec le réel permettrait une meilleure appréhension des objets géologiques n'est pas sans conséquences dans nos considérations, tant du point de vue du médiateur que de son public. Cette vision d'un « *contact direct avec le réel* », qui relève d'une posture typiquement empiriste, est au cœur de notre problématique : dans quelle mesure, dans ces situations de terrain, le contact direct avec le réel constitue une « plus-value » du point de vue de la reconstitution de l'histoire géologique ?

Il nous faut montrer tout d'abord en quoi les diverses contraintes épistémologiques que nous avons mises en évidences nécessitent une prise en charge dans un contexte qui relève de la médiation scientifique. Le discours du médiateur qui se met en place dans ces situations, s'il prend une forme particulière en fonction du public

présent, conserve selon nous ses affinités avec un discours de référence de nature principalement « *didactique* ». Nous pensons en effet que le discours de médiation garde, au cours du processus d'adaptation à un public d'amateurs, un certains nombre d'indicateurs du discours source. Il s'agit donc pour nous de mettre en évidence les traces de ce discours source dans le discours de médiation sur le terrain. Il nous faudra dès lors montrer en quoi une forme de transposition médiatique est à l'œuvre dans ces situations et quelle en est le discours d'origine (didactique ? scientifique ?).

L'analyse des contraintes didactiques qui s'imposent à ces situations de terrain va nous emmener à envisager trois thématiques fortes. Tout d'abord nous aurons à montrer en quoi construire un « réel » géologique revient à « l'actualiser » c'est-à-dire à le produire comme existant dans le présent. Nous montrerons que ce travail d'actualisation du réel, que nous associerons au *principe méthodologique de l'actualisme,* passe par une problématisation : le réel de terrain ne se construit en effet que dans le cadre d'un questionnement. Ensuite, à la question du réel en géologie s'ajoute, comme nous l'avons vu dans notre analyse épistémologique, la question de la prise en charge des temps géologiques. Cette partie sera l'occasion de mettre en évidence la diversité des formes de temps à mobiliser dans l'exploration du réel de terrain et des obstacles qui y sont associés. Une fois la problématique des temps géologiques explicitée, il nous restera à analyser le principe méthodologique permettant l'exploration du réel le long des temps géologiques : le *principe méthodologique de l'actualisme.* Pour terminer, nous aborderons le point central de notre analyse didactique en montrant que les limites de l'actualisme, liées à l'approche fonctionnaliste, obligent à mettre en œuvre une démarche davantage en accord avec l'objectif de reconstitution d'une histoire géologique : la *démarche historique.*

2.1 CONSTRUIRE L'ACTUEL POUR CONSTRUIRE UN RÉEL DE TERRAIN : ACTUALISME ET TRACES GÉOLOGIQUES

L'enjeu principal de nos situations de terrain est celui de la mise en scène du réel par un médiateur dans le but d'en faire comprendre le « *sens* » géologique et surtout l'histoire. Or nous avons montré que ce réel ne se réduit absolument pas à ce qui « s'offre à l'observation » dans un cadre naturel. Nous avons pour cela été amenés à montrer que ce que le sens commun attribut au réel peut se rattacher (mais en partie seulement) à « *l'actuel* » (voir section 1.1). Dans la mesure où l'on peut considérer que cet actuel est « *ce qui se produit dans le monde et que l'on peut appréhender grâce à la sensorialité* », il se rattache à ce que certains auteurs définissent par le « *réel sensible* ». Or ce *réel sensible* ne couvre absolument pas

la totalité du réel : la construction de *l'actuel* relève principalement de registres théoriques pré-existants (des virtualités)(Astolfi, 1992 ; Astolfi et Peterfalvi, 1993 ; Demounem et Astolfi, 1996 ; Astolfi et Develay, 2002) qui pré-figurent le réel. Pour reprendre les termes utilisés par Granger (1995b), le réel pré-existe dans le non-actuel.

Dans les situations que nous étudions, le fait de se rendre sur le terrain peut prendre des sens variés. Le sens qui sera donné à cette sortie dépend donc de la mise en contexte qui sera faite par le médiateur. Cette contextualisation se fait autour d'un *discours,* par l'intermédiaire duquel le public est pris en charge, accompagné sur les sentiers et guidé le long d'une « *enquête géologique* ». C'est donc par une *communication verbale* que le médiateur prend contact avec son public, même si, d'un autre coté il prend appui sur d'autres formes de communication (tableau, objets, instruments, ...). Ce discours est censé conduire les participants à imaginer des *paysages passés*, des paysages reconstitués à partir des traces d'une histoire géologique. C'est donc au détour de virtualités que le public est amené à se construire, par la pensée, ces paysages anciens. Or il semblerait que ce soit bien cet « *effet de réel* [1] », qui émerge du récit et attire le public vers de telles prestations. Il semble y retrouver ce qu'il considère comme « *un contact avec la nature* » et une forme d'authenticité. C'est donc bien entre discours et paysage que cet effet de réel prend forme. Comment, entre *activité verbale* et *observation du paysage*, une histoire géologique peut-elle se mettre en place ?

2.1.1 Se mettre d'accord sur ce que l'on désigne comme réel

2.1.1.1 Verbaliser pour partager l'actuel et le non-actuel

Si le public de ces sorties fait appel à un médiateur, c'est que celui-ci apporte un contenu que ne fournit pas la simple déambulation dans un espace naturel. Même une brochure explicative ne semble pas pouvoir rivaliser avec l'intérêt pédagogique que suscite la prise de parole d'un médiateur de terrain. La verbalisation n'est donc pas qu'un support de communication : elle permet au médiateur de *partager avec son public* une activité descriptive dont il est le premier instigateur. Or, si le médiateur maitrise les connaissances nécessaires à la compréhension de la géologie des lieux, ce n'est pas le cas de son public. L'activité descriptive mise en œuvre par le médiateur a donc pour objectif principal de *« se mettre d'accord sur ce que l'on désigne comme réel »*.

1. Nous reviendront longuement sur cet effet de réel produit par le récit dans la partie suivante (voir 3 page 173).

« Prendre contact avec le réel » : une expérience première

Nous souhaitons montrer ici que « *prendre contact avec le réel* » ne peut se réduire à une prise de contact entre un individu et un objet concret du monde sensible. Nous considérons en effet que la mise en jeu de la sensorialité n'ouvre qu'à une expérience individuelle, qui relève du vécu, et qui ne conduit pas à la construction de savoirs. Chaque expérience d'un phénomène vécu tend à « *imiter* » une expérience précédente qui lui sert de support à une connaissance immédiate. Or ainsi que le notait Bachelard (1960, p. 85): *« ces phénomènes, on les exprime : on croit donc les expliquer. On les reconnait : on croit donc les connaître* ». Bachelard met donc en garde contre la *pensée immédiate* qui se construit sur ce qui « *paraît être* » et que la pensée pré-scientifique veut rattacher au déjà connu. Cette approche immédiate s'impose ici comme un obstacle majeur à la construction de la pensée scientifique : c'est l' « *expérience première* » considérée comme une forme de sensualisme, qui *« prétend recevoir directement ses leçons d'un donné clair, net, sûr, constant, toujours offert à un esprit ouvert* » (Bachelard, 1960, p. 27). Au contraire, pour se construire :

> « [...] *l'esprit scientifique doit se former contre la Nature, contre ce qui est en nous et hors du nous, l'impulsion et l'instruction de la Nature, contre l'entraînement naturel, contre le fait coloré et divers. L'esprit scientifique doit se former en se réformant. Il ne peut s'instruire devant la Nature qu'en purifiant les substances naturelles et qu'en ordonnant les phénomènes brouillés.* » (Bachelard, 1960, p. 28)

Il s'agit pour l'esprit scientifique en formation, de construire des savoirs par rectification de la pensée naturelle :

> « *Une expérience scientifique est alors une expérience qui contredit l'expérience commune* ». (Bachelard, 1960, p. 13)

C'est donc par un processus de « *ré-agencement* » qui fait intervenir le « *primat théorique de l'erreur* » (Canguilhem, 1957) que se construit la pensée scientifique. L'expérience première est avant tout une erreur première :

> « *Il ne saurait y avoir une vérité première, il n'y a que des erreurs premières* » (Bachelard, 1960)

Ainsi, opinion et connaissance commune sont considérées comme ayant « *en droit toujours tort* » (Bachelard, 1960, p. 17). Prendre contact avec les phénomènes du réel, c'est donc bien autre chose que d'ouvrir son esprit à ce qui se produit dans la Nature. Bachelard nous amène même à penser que, au cœur de cette démarche ouverte à la Nature, se met en place l'un des obstacles majeurs à l'avènement de la pensée scientifique. Or l'obstacle épistémologique est justement là pour « *combler la rupture entre connaissance commune et connaissance scientifique* » . Il « *fonctionne à rebours du Non* » et « *rétablit la continuité menacée par le progrès*

de la connaissance scientifique » (Lecourt, 1974, p. 74). L'obstacle, c'est ce qui est pratique. Il donne raison à une approche immédiate en fournissant une réponse évidente, qui repositionne la pensée dans le cours des choses. Par son efficacité et sa facilité à être mis en œuvre, l'obstacle se construit dans la pensée pré-scientifique. :

> « *Les obstacles épistémologiques ne sont donc pas des difficultés externes au savoir qu'il conviendrait de surmonter, mais ils prennent leur source dans la pensée elle-même* » (Lhoste, 2017, p. 26).

Si l'on s'en tient donc à ce que nous dit Bachelard, prendre contact avec un réel de terrain relèverait ainsi du piège, dans la mesure où l'approche sensible tendrait justement à mobiliser la pensée immédiate, celle qui cherche systématiquement à rétablir la continuité entre le monde et la pensée.

Les situations que nous étudions se caractérisent donc par une problématique fortement liée au travail de terrain : l' « *approche sensible* » revendiquée par de nombreux praticiens de terrain est en contradiction avec la reconnaissance d'un besoin théorique premier. Ce n'est pas dans le réel sensible que se trouve les germes de la pensée scientifique. C'est dans des constructions virtuelles pré-existantes avec lesquelles il faut rompre, que réside le savoir scientifique à construire :

> « *L'état abstrait où l'esprit entreprend des informations volontairement soustraites à l'intuition de l'espace réel, volontairement détachées de l'expérience immédiate et même en polémique ouverte avec la réalité première, toujours impure, toujours informe* » (Bachelard, 1960, p. 11).

L'enjeu majeur d'une confrontation au réel de terrain est donc avant tout de prendre conscience de l'univers de virtualité qu'il faut mobiliser pour déconstruire les objets et phénomènes premiers.

Le discours d'un médiateur dans de telles situations, représente ainsi une activité de verbalisation de ce qui est observé, ou plutôt de « *ce qui devrait être observé* ». Cette opération de verbalisation de l'observation correspond à une activité de description que nous souhaitons analyser maintenant.

La description comme mode d'exploration du réel de terrain

On prête en général à l'activité descriptive une importance moindre par rapport à l'*explication* qui serait le mode par excellence de construction de la science. Une certaine méfiance reste en effet attachée à la description, notamment du fait qu'elle entretiendrait une « *illusion d'objectivité* », empruntée aux naturalistes. Il est vrai que l'idée qu'il pourrait y avoir, grâce à la description, un rapport objectif à la réalité a conduit à sur-estimer sa capacité à rendre compte de « *façon purement neutre de phénomènes observé*s » (Vérin, 1998, p. 247). Il n'en est rien : l'esprit n'est jamais neuf quand il se confronte à la réalité. Il est « *riche de son passé* »

(Bachelard, 1940). Nous sommes donc contraints de nous écarter avec force du positivisme et considérer que, si la description est une des activités fondamentales de la science, elle ne saurait être une activité scientifique part entière :

> « *La science ne peut se contenter de décrire parce que la description, fut-elle la plus élémentaire, contient déjà des données dont on postule l'existence ou la possibilité sans pouvoir les démontrer [... nos facultés de connaissances] possèdent leurs propres règles de fonctionnement, et le monde devient compréhensible, donc conceptualisable, que lorsqu'il s'intègre dans ces règles* »
>
> « *une description du monde [n'est que] la manière dont l'être humain voit le monde à un moment donné, avec la totalité de ses croyances, de ses choix esthétiques, de ses conceptions philosophiques* » (Serres, 1997).

La description reste donc une activité indispensable à la science : « *elle implique une démarche analytique* [...qui pose] *les fondements d'une connaissance donnée* » (Serres, 1997). Dès lors que l'on prend conscience que l'esprit interfère avec l'image, le risque d'un réalisme naïf s'estompe. L'activité scientifique se construit donc sur une articulation sans cesse réactivée entre la « *soumission aux faits* » et le « *primat de la théorie* ». Observation et description constituent donc à la fois un point de départ et un point d'arrivée de l'activité scientifique. Ce point de départ, pensé comme une origine ne désigne pas un « *début* », mais plutôt un « *à propos de* », au sens où observation et description ancrent l'activité scientifique dans une dimension du réel. En retour, observation et description représentent une arrivée dans la mesure où elles constituent un point de contrôle sur le réel et permettent ainsi de le mettre à l'épreuve des idées. C'est donc par une dialectique entre décrire et expliquer que se met en place une tension épistémologique propre à construire les savoirs scientifiques.

La description est donc une activité qui, à partir de sensations et de représentations non-organisées, partage l'expérience vécue afin de conduire à une *observation raisonnée* (dont on peut rendre compte et justifier son organisation non-aléatoire). Ce partage de l'observation par l'activité descriptive est ainsi à même d'enrichir l'« *exploration* » du réel et d'en révéler son incomplétude éventuelle (Vérin, 1998). Mais la description va au-delà de la communication de l'observation : au travers de la description s'exprime un ancrage théorique et un questionnement, autrement dit un « *point de vue* ». Une description est toujours mise en œuvre selon une *perspective*. La prise en compte de cette perspective représente le point de contrôle de la confrontation entre faits et idées. Enfin, la description ne saurait être dissociée de la construction du raisonnement argumentatif. Dès lors qu'un questionnement est engagé, l'activité descriptive nourrit le cadre explicatif.

Ainsi, la description peut être considérée du point de vue des *obstacles à surmonter*

et des *ruptures successives nécessaires* (Vérin, 1998). Deux niveaux de rupture sont identifiés par Vérin (1998, p. 260) :

- *Le détachement du primat de la perception* : il s'agit de prendre du recul par rapport à l'expérience vécue personnellement et quitter l'idée d'une évidence descriptive. En rompant avec le mode descriptif syncrétique, la pensée construit une description que Vérin désigne par « *description narrative* » sur laquelle nous reviendront.
- *La décontextualisation* : elle ouvre à la généralisation et s'écarte donc du particulier. Il s'agit selon Vérin (1998) d'une dépersonnalisation, au sens qu'il y a prise de distance « *entre soi-même et ses propres idées explicatives* » (Vérin, 1998, p. 260). Le va-et-vient entre description et explication donne ainsi accès au discours théorique.

La description ne peut donc être considérée comme un mode d'exploration du réel de terrain qu'à la condition que soient prises en compte ces deux ruptures nécessaires avec l'expérience première. C'est ce que nous nous proposons d'analyser dans la section suivante.

2.1.1.2 Explorer les objets géologiques dans leur contexte naturel

Compte tenu de ces contraintes que nous avons évoquées quant à l'activité descriptive sur le terrain, il convient maintenant d'analyser les modalités de sa mise en œuvre. Nous présentons ici notre analyse en deux temps. Tout d'abord nous montrons la nécessité, dans l'exploration des objets de terrain, de déconstruire le réel sensible. Ensuite nous précisons comment les objets géologiques doivent être pris en charge afin de construire un *registre empirique partagé*.

Décrire le paysage : déconstruire le réel sensible

Une première rupture est essentielle dans la mise en œuvre d'une activité descriptive sur le terrain : il s'agit de déconstruire le réel sensible afin de s'écarter de l'évidence de ce qui « parait », de ce qui semble donné à l'observation.

Perception

L'activité perceptive non contrôlée, non raisonnée donne lieu à un certain nombre de descriptions immédiates peu organisées, où tout est enchâssé. L'absence de hiérarchisation aplanit tout relief de la pensée ; rien n'étant classé, tout se vaut. La mise en commun d'un telle activité suppose avant tout que soit mis de coté le registre affectif : l'effet attirance / répulsion doit systématiquement être pris en charge. Nous voyons deux points d'ancrage du registre affectif sur lequel, nous pourrions dire que la description doit prendre le dessus :

La saillance des objets de terrain : les objets du paysage qui sont particulièrement visibles car de grande taille, impressionnants, colorés, difformes, bref tout ce qui est surprenant, hors norme et qui attire le regard et attise la curiosité et excite l'observateur. Cette saillance est à déconstruire du fait de son implication démesurée vis-à-vis des autres objets. La saillance crée une hiérarchie non-raisonnée dans les objets issus de l'observation et attribut une importance exagérée à des objets sur la seule base de leur apparence dans le paysage.

La prégnance : les objets qui se rattachent au « *déjà vu* » constituent une autre forme d'ancrage dans l'affectif. En se focalisant sur le déjà connu, l'observateur cherche à se rassurer, à se sentir capable face à ce qui pourrait troubler sa connaissance du monde. En cherchant à associer toute nouvelle expérience à une « *ancienne rencontre* » avec l'objet, l'observateur abolit sa capacité à être « *impressionnable* ». Ainsi, la prégnance enferme la connaissance dans une « *re-connaissance* » ; en reprenant les termes de Bachelard (1960), cette reconnaissance conduit à faire croire à l'observateur qu'il « *connait* » alors qu'il ne fait que trouver de pâles ressemblances entre deux objets du vécu.

L'activité de perception qui prépare toute description doit donc s'inscrire dans une nécessaire prise de recul sur ce que la connaissance immédiate projette sur les objets du monde perceptible. Cette ardeur « *prescriptive* » de l'expérience immédiate sur le monde sensible façonne un univers non-questionné et où la solution se présente comme évidente, en toute situations.

Au contraire, l'observation, nous l'avons dit, doit s'insérer dans un cadre de référence contrôlé, qui permet de circonscrire les objets du monde de façon ordonnée, hiérarchisée et raisonnée.

Référencement

La description se doit d'être mise en œuvre comme une « *expertise référencée* » de telle sorte que l'objet ne prend sens que dans ce cadre. Nous envisageons trois éléments déterminants dans ce processus de référencement :

- La *catégorisation/qualification* : par une loi du tout ou rien, elle permet de ranger un objet dans une catégorie. C'est un système de classement par inclusion/exclusion.
- La *quantification* : elle procède par exemple par la mesure, l'estimation, l'évaluation...
- La *mise en relation* : par mise en comparaison avec les autres, chaque objet acquière une place, un rôle, un statut dans le cadre de référence. Cette mise en relation permet de mettre en évidence des objets dont l'existence est

relative. C'est le cas par exemple des « objets liminaires » tels que l'horizon, la silhouette, la surface qui correspondent non pas à l'objet en lui-même, mais à la limite qu'il développe avec d'autres.

Ainsi, l'activité de référencement qui se met en place au sein de la description conduit à la construction d'un objet générique, que l'on pourrait qualifier de « *second* » dans la mesure où il provient d'un processus organisé, non spontané et non instantané. Une phase de « *secondarisation* » (Jaubert et Rebière, 2002) se met ainsi en place qui, partant de l'objet premier, sensible, immédiat, mène à l'objet second [2], chargé de propriétés qu'il reçoit de son cadre de référence.

Mais ce travail d'objectivation, s'il se met en place au sein d'un cadre de référence, nécessite également que soit mis en œuvre une systématisation de la description, afin de procéder à un « *traitement homogène* » des objets du réel.

Systématisation

Nous entendons par systématisation la prise en charge systématisée des opérations de traitement des objets observés. Il s'agit en effet pour l'observateur de suivre une méthodologie rigoureuse qui lui est imposée en général par son cadre théorique de référence. Ainsi, l'analyse de roches suppose de recourir à des grilles de reconnaissances par exemple, qui dirige l'observation autour de « *gestes* » considérés comme incontournables : détermination de la texture, de la structure, de la couleur, de la dureté... Ainsi, au travers de la description, les objets sont identifiés, nommés, désignés, localisés... La description est *communiquée* selon un protocole qui se veut précis (vocabulaire, dessin, mesure) et ne s'enferme pas dans son seul cadre de référence : les objets décrits sont mis en relation avec d'autres en utilisant un cadre d'un degré de généralité plus grand.

La difficulté réside principalement dans l'articulation nécessaire entre objet particulier et connaissances générales pour interpréter(Vérin, 1998). En effet, l'activité descriptive risque toujours de « *glisser* » vers une forme hybride de description qui consiste à utiliser l'objet perceptible comme point d'ancrage du propos mais pour procéder à une communication d'ordre général qui n'est pas directement liée à la description. Par exemple, dans la phrase « *ce fossile mesure environ 10 cm de long, mais il en existe qui peuvent atteindre 1 m de long* », le « *il*

2. Nous empruntons le concept de secondarisation à Jaubert et Rebière (2002, p 166) : « *Les genres seconds apparaissent dans des échanges culturels plus élaborés, affranchis de l'urgence temporelle de l'action (roman, théâtre, conférence, débat scientifique, etc.). Ils permettent de mettre à distance, d'objectiver, de reconfigurer l'activité dans laquelle le locuteur est engagé, c'est-à-dire de l'arracher de son contexte* in media res*, pour la dire, la réorganiser, la restructurer, la représenter via les formes langagières conventionnelles, déposées dans la culture et partagées par la communauté dans laquelle il s'inscrit* ». Cependant, l'usage que l'on fait ici du terme « second » prend une signification sensiblement différente. Nous aurons à justifier ce choix plus loin dans nos recherches.

en existe... » prend la forme d'une information descriptive qui n'en est pas une. C'est une information d'ordre général venant d'une source d'information documentaire.

Il paraît donc fondamental de bien dissocier, au sein de l'activité descriptive, la référence au *registre empirique* (le monde des objets et phénomènes perceptibles) et le *registre théorique* (le cadre théorique de référence) au sein duquel les objets et phénomènes prennent sens. C'est par la mise en tension de ces registres que l'activité descriptive construit des objets seconds, détachés de leur cadre de perception et engagés dans ce que nous avons appelé « *réel de terrain* ».

Construire le paysage comme un « réel de terrain géologique » : la construction d'un *registre empirique partagé*

L'activité descriptive destinée à mettre en place un « *réel de terrain* » consiste donc en une organisation, une hiérarchisation, un classement des objets sensibles dans un objectif de construction d'un registre empirique partagé. Mais ce registre empirique ne prend sens que s'il est articulé avec un registre théorique de référence.

Il nous parait important ici de préciser l'importance du niveau hiérarchique d'intervention de ce cadre théorique. Expliquons-nous : l'observation de *marnes à Globigérines*[3] sur le terrain suppose la mobilisation d'un cadre théorique de référence pour décrire ces roches dans le détail. Ainsi, en suivant une méthodologie clairement définie, ces roches sont décrites comme des roches argileuses (débit en feuillets qui suivent la stratification), calcaire (effervescence à l'acide) contenant des fossiles de Globigérines (0,5 à 1 mm de diamètre – observables à la loupe). Décrire l'objet « marne à Globigérines » ne revient donc pas seulement à identifier la roche et ses constituants. Cela renvoie à un cadre « explicatif » qui peut intervenir à des niveaux hiérarchiques différents :

- Sédimentologie : la marne peut être étudiée du point de vue des conditions de sédimentation à l'origine de la boue carbonatée qui donnera une marne.
- Paléogéographie : La profondeur maximale à laquelle le calcaire peut précipiter dans un bassin sédimentaire renseigne sur le cadre paléo-géographique de formation de cette marne. La présence de fossile de Globigérines renseignent sur la profondeur du bassin sédimentaire.
- Stratigraphique : par comparaison avec les terrains sous-jacents et sus-jacents, il est possible de mettre en évidence un changement de stratigraphie (= les conditions de sédimentations ont changé au cours du temps).
- Tectonique : les changements de stratigraphie peuvent être expliqués par des phénomènes de subsidence ou bien des mouvements tectoniques modifiant le plancher du bassin sédimentaire.

3. Roches argilo-calcaires contenant des fossiles microscopiques, de la famille des globotruncanidés, nommés plus communément « Globigérines »

- Historique : l'analyse des niveaux hiérarchiques précédents et leur positionnement dans la tectonique globale permet de proposer un scénario comme un épisode d'une histoire globale.

Il est donc possible de voir ici que le registre empirique ne prend forme qu'au travers de la mise en place d'un cadre théorique saptio-temporel, qui délimite la portée de la description :

Cadre spatial : la mise en œuvre de connaissances générales[4] sur la sédimentation par exemple permet de délimiter le champ d'application à un bassin sédimentaire. A l'échelle tectonique, le champ d'application serait celui des mega-structures tectoniques par exemple. Cela a comme conséquence que les objets impliqués dans la description dépendent directement du niveau spatial du cadre théorique mobilisé.

Cadre temporel : la mobilisation des temps géologiques dans les descriptions est une dimension fondamentale sur laquelle nous aurons l'occasion de revenir longuement. Cependant, à ce stade de notre recherche, nous voyons déjà que se pose la question du cadre théorique qui permet de mettre en œuvre une *temporalité* à partir de l'exploration d'un espace qui, dans sa concrétude, est *statique*. L'activité descriptive semblerait donc limitée aux seuls objets « *hic et nunc* ». Il n'en est rien. Nous nous opposons fortement à l'idée que l'activité descriptive se cantonnerait aux seuls objets du monde : décrire, c'est désigner l'objet comme trace d'un *phénomène*. L'objet n'est pas indépendant du phénomène auquel on peut le rattacher. Ainsi, décrire un objet du réel, c'est produire l'explication du phénomène qui le fait exister dans *l'actuel*. Nous retrouvons ici les éléments d'une phénoménologie qui, à partir d'« *épures* » (Granger, 1995b) construit une sphère d'apparaître des objets du monde. Cette sphère d'apparaître n'a rien d'une « *silhouette* » qui correspondrait à une image floue et incertaine de l'objet ; ce serait plutôt un « *habillage* » du réel, une « *étiquette* » que colle la pensée sur les objets du monde. Dans la pensée commune, cet « *étiquetage* » intuitif et désordonné, donne lieu à des formes de connaissance immédiate. Dans l'élaboration de la pensée scientifique, cela rejoint le schéma de construction de modèle de Martinand (1992) selon lequel l'exploration du registre empirique procède d'une phénoménographie/phénoménotechnique (première étape de construction du registre empirique) qui conduit à la mise en place d'un niveau phénoménologique de construction du registre empirique

4. Nous considérons ici le terme de *connaissance générale*, non pas dans son acception « péjorative » telle qu'elle est désigné par Bachelard (1949) notamment. Nous considérons ici le terme comme désignant l'ensemble des connaissances géologiques sur la sédimentation permettant de mettre en œuvre un cadre explicatif rationnel.

(voir figure 2.1.1 page suivante).

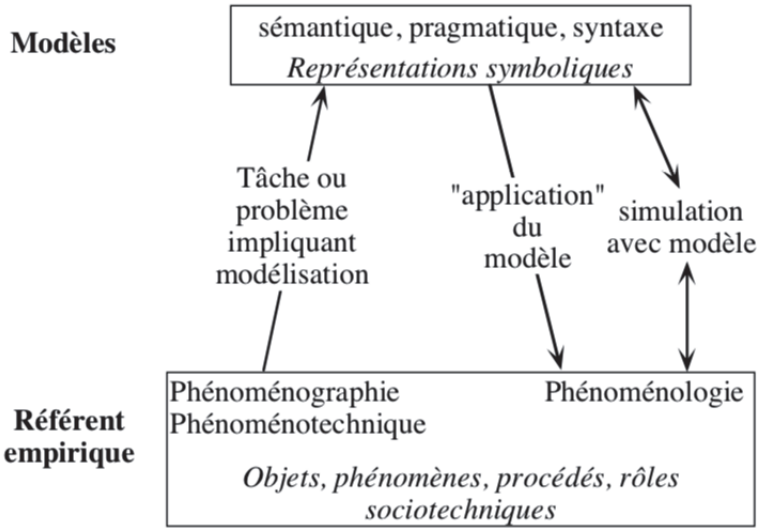
Mais revenons à notre cadre temporel : la mise en œuvre d'une temporalité dans la description suppose deux cadres théoriques différents quant à la forme de temporalité mobilisée.

Temps des phénomènes : c'est le temps cyclique qui est mobilisé dans un cadre théorique le plus souvent fonctionnaliste. Il s'agit dans ce cas de faire fonctionner un modèle de type « mécaniste ». L'explication qui se construit autour du modèle organise alors les éléments d'un « *processus* », hors du temps,[5] ». C'est dans cette forme de temporalité que s'inscrit l'approche phénoménologique que nous avons évoquée et qui met en place le registre empirique de terrain. Pour reprendre notre exemple précédent, la description de la marne à Globigérines comme roche sédimentaire mobilise un cadre théorique fonctionnaliste qui permet de reconstituer les conditions de sédimentation de la boue calcaire à l'origine de la marne. Ce cadre est fonctionnaliste au sens où il décrit le *processus* de sédimentation à partir d'un ensemble de connaissances scientifiques sur le comportement des argiles dans l'eau et les conditions de précipitation des carbonates dans l'eau de mer.

Temps des événements : c'est le temps linéaire qui émerge de la configuration des événements inscrits dans une temporalité. En effet, les phénomènes (décrits par ailleurs dans une approche fonctionnaliste) s'insèrent dans une temporalité dès lors qu'une datation (absolue ou relative) peut être effectuée. L'insertion d'un phénomène dans le temps conduit à l'extraire de son cadre explicatif général pour le « *réinjecter* » dans le particulier. Ce phénomène devient unique : c'est un événement. Nous pouvons noter également qu'il n'y a pas que la seule temporalité qui implique la singularité de l'événement : au même titre que l'événement peut être considéré comme unique dans le *temps*, il peut être considéré comme unique dans *l'espace*. Ainsi, le phénomène s'insérant dans une réalité spatio-temporelle, et étant considéré dès lors comme un événement, permet la reconstitution historique.

5. Si ce n'est que ce processus peut « prendre du temps ». Nous considérons ici que ce temps correspond au « *temps interne du processus* », qu'il faut dissocier du « *temps émergent* », qui, lui, est externe à l'ensemble du processus, et s'inscrit dans la linéarité.

FIGURE 2.1.1 – Place de la phénoménologie dans la mise en place d'un registre empirique (d'après Martinand 1996)



En conclusion, la formule « *lecture de paysage* », utilisée très souvent par les praticiens de terrain pour décrire l'activité descriptive, nous parait, au regard de l'analyse que nous venons de mener, relativement inappropriée. Elle désigne de manière assez nette un rapport « *empiriste* » au réel, signalé fréquemment par les recherches en didactique des sciences. Nous avons vu en effet que le cadre théorique qui pré-existe à toute confrontation avec le paysage joue un rôle essentiel de « *prescripteur* » sur l'image qui, de ce fait, se retrouve « *devoir être vue* » selon une perspective pré-déterminée.

L'activité descriptive ne conduit donc à la construction d'un registre empirique partagé que si elle s'insère dans une phénoménologie exigeante, qui permet de *se détacher du perceptif* pour laisser place à une *organisation conceptuelle* centrée sur l'explication. Cela impose que soit mise en avant une activité d'argumentation qui s'articule autour d'un *questionnement*. Cette dimension, que nous avons peu explorée jusque là, suppose que dans l'activité descriptive même, c'est le *problème* à soulever, à identifier qui guide la démarche.

Conclusion

Construire l'actuel nécessite avant tout de déconstruire le réel sensible dans son approche immédiate. Cette construction suppose une activité descriptive contrôlée, se mettant en œuvre dans un cadre théorique bien délimité par le médiateur. De cet *actuel* sont produits les objets de terrain, porteurs de sens, dans la cadre géologique

choisi.

L'exploration du monde réel passe avant tout par la construction conceptuelle de l'actuel. Cette activité n'est donc pas une simple observation du monde : il s'agit donc de rompre avec une soi-disant approche sensible, qui mobilise la pensée immédiate. Le monde ne se donne pas à voir. L'expérience première est donc avant tout un obstacle à la pensée scientifique en construction.

L'activité descriptive ne peut se réduire à la verbalisation d'une observation. Elle mobilise un cadre explicatif au sein duquel s'articule « *soumission aux faits* » et « *primat de la théorie* ». La description est une activité de partage de ce qu'il faut voir ensemble. Elle se pose comme une activité perceptive de laquelle il faut s'écarter afin de décontextualiser la situation et accéder au discours théorique.

L'activité perceptive, que nourrit l'approche sensible, doit être déconstruite par prise en compte de la saillance et de la prégnance exagérées des objets de terrain. Observer, c'est prendre du recul par rapport à ce qui saute aux yeux. Cela passe notamment par insertion de l'activité descriptive dans un cadre de référence explicité et par une systématisation de l'activité, qui doit répondre à une méthodologie exigeante.

Une observation rigoureuse conduit ainsi à la construction d'un registre empirique partagé. Ce registre est nécessairement dépendant de cadres théoriques précédents : l'observation n'est donc pas sensible mais conceptuelle au sens où l'esprit interfère avec l'image.

L'actualité d'un registre empirique partagé repose sur son existence spatio-temporelle articulée entre un présent (une actualité présente) et un passé (une actualité passée).

Mais nous avons dit également que l'activité descriptive était toujours envisagée au cœur d'un *questionnement*. Comment celui-ci est-il contrôlé ? Quel forme prend-il ? Comment est-il mis en œuvre ? Comment prend-il en compte les dimensions spatiale et temporelle des objets géologiques ?

Il s'agit donc pour nous maintenant de savoir en quoi ce questionnement, qui porte l'activité descriptive sur le terrain entre dans le cadre de la construction d'un problème scientifique.

2.1.2 Problématiser le réel de terrain

Introduction

Construire le réel de terrain ne peut se faire qu'au sein d'un questionnement. Il s'agit donc dans ce travail de terrain, de révéler ce qui pose problème, et non pas seulement de trouver une solution à un problème qui n'est pas nécessairement posé. Le problème prend corps dans la mise en tension des registres empirique et théorique. *Problématiser le réel de terrain* revient donc à mettre en tension le registre empirique de terrain avec le cadre théorique. Comment sont mis en tension ces registres de terrain ? Comment, également, sont mobilisés ces registres théoriques, ces virtualités, dans ces situations de médiation de terrain qui ne sont pas des cours de géologie ? Comment les questionnements sont-ils contrôlés ? Quel forme prennent-il ? Comment le médiateur prend-il en compte les dimensions spatiale et temporelle des objets géologiques sur lesquels portent ces questionnements ?

2.1.2.1 Cadre théorique de la problématisation

Nous inscrivons nos recherches dans un cadre épistémologique qui donne une place prépondérante à l'articulation entre savoir et problème. Le point fort de ce cadre en est la rupture avec une *« épistémologie de la résolution de problème »* (Lhoste, 2017, p 59).

Nos travaux s'inscrivent dans le cadre épistémologique du problème tel qu'il a été développé par Bachelard. Nous considérons ainsi que l'apprentissage des savoirs scientifiques a plus à voir avec la *construction de problème* qu'avec leur résolution :

> *« Avant tout, il faut savoir poser des problèmes. Et quoi qu'on dise, dans la vie scientifique, les problèmes ne se posent pas d'eux-mêmes. C'est précisément ce sens du problème qui donne la marque du véritable esprit scientifique. Pour un esprit scientifique, toute connaissance est une réponse à une question. S'il n'y a pas eu de question, il ne peut y avoir connaissance scientifique. Rien ne va de soi. Rien n'est donné. Tout est construit. »* (Bachelard, 1960, p. 17)

Ainsi, la recherche de solution comme objectif ou « *point final* » d'un processus d'apprentissage ne nous parait pas pertinent. Mais le problème constitue cependant le point départ de la science :

> *« La recherche scientifique réclame, au lieu de la parade du doute universel, la constitution d'une problématique. Elle prend son départ réel dans un problème, ce problème fût-il mal posé »* (Bachelard, 1949, p. 68)

Le problème vient bousculer l'évidence, le « *problématique déjà constitué* » pour initier l'engagement dans un triple schème de l'expérience. Bachelard (1934) définit

en effet trois schèmes fondamentaux qui conduisent à une pensée fondée sur le raison : le *dédoublement*, le *recommencement* et la *rupture*. La pensée est « *surveillance de soi, dédoublement en pensée surveillante et pensée surveillée, en fait et en droit* » (Fabre, 2009, p. 24). La pensée est aussi pour Bachelard un éternel *recommencement*, au sens où « *la formation continuée n'est pas accroissement d'expérience mais retour incessant sur ses bases supposées : détruire le mauvais passé de la raison pour lui ouvrir un avenir* » (Fabre, 2009, p 24). Enfin, et c'est là le point central de la pensée de Bachelard : l'expérience du monde s'effectue au travers d'une rupture, « *dans un temps discontinu fait de conversions intellectuelles* » (Fabre, 2009, p. 24).

L'engagement dans le problème suppose donc une pédagogie qui instaure, selon Bachelard, « *une dialectique de continuité et de rupture* » (in Fabre, 2009, p. 24). Cependant « *la problématisation n'a pas pour objectif de rétablir un équilibre perdu, voire de construire un équilibre supérieur. Elle vise plutôt à rajeunir la pensée en la délivrant de tous les préjugés de la vieillesse du monde et de l'histoire, de tout ce qui fait obstacle à son essor* » (Fabre, 2009, p. 24). Nous retrouvons ici le concept de « *primat théorique de l'erreur* » (Canguilhem, 1957) comme source féconde de la pensée scientifique.

Le mise en œuvre de ce cadre épistémologique de la problématisation dans les travaux de la didactique des sciences a été modélisé par Fabre (2009, 2011) qui considère cinq critères qui caractérisent le processus de problématisation :

1. Position, construction, résolution du problème
2. Dialectique de références et d'inférences
3. Recherche de l'inconnu à partir du connu
4. La pensée est contrôlée par des normes qui servent à définir les conditions du problème et à anticiper les formes des solutions
5. Schématisation fonctionnaliste partielle du réel en tant qu'outil pour agir et penser

Ces critères constituent l'arrière-plan théorique qui nous permettent d'envisager la problématisation dans les situations que nous étudions.

En conclusion, nous positionnons nos travaux dans le cadre épistémologique du problème tel que Bachelard (1960) le définit. Il s'agit de considérer la recherche en science comme avant tout articulée autour de la formulation des problèmes bien plus que de leur résolution. Le problème repose dès lors sur une dialectique de la rupture avec les préjugés, qui font obstacles à la pensée. La théorie est donc considérée comme prévalant à tout approche du monde, l'erreur en étant le moteur.

2.1.2.2 Contraintes et nécessités

Le processus de problématisation[6], dans son cadre didactique, ne peut se réduire à une tension entre *fait* et *idées*. Nous montrons ici l'importance d'une construction du possible et du nécessaire dans la mise en place d'un problème scientifique. Le cadre général qui permet leur mise en œuvre est celui du registre explicatif qui prend la forme dans un double dédoublement de la pensée. Après avoir présenté ce double dédoublement, nous définirons le registre explicatif, ce qui nous permettra de préciser la représentation de la problématisation sous la forme d'un « espace de contraintes et nécessités ».

Un double dédoublement

Nous reprenons ici l'idée d'un double dédoublement de la pensée tel que le présente Bachelard (1949) et lui associons celle d'une dialectique entre référence et inférence (Fabre, 1993, 2009). Construire un problème c'est non seulement *mettre en tension les faits avec les idées*, mais c'est aussi *articuler le possible et le nécessaire*.

Le premier dédoublement désigne la relation (bien plus que la séparation) qu'il existe entre l'univers des faits et celui du théorique(Lhoste, 2017). Il n'y a pas séparation de ces univers dans la mesure où, l'un comme l'autre, ils sont construits en interaction. Les faits ne naissent pas du monde ; ils sont construits sous la dépendance de la théorie (Dewey, 1993 ; Bachelard, 1949).

Le deuxième dédoublement renvoie à ce que nous avons pu évoquer dans notre premier chapitre (voir chapitre 1.1 page 12) concernant les formes du non-actuel dont l'« existence » peut être appréhendée par mise en œuvre, en logique modale, du *possible* et du *nécessaire*. Dans le contexte de la problématisation, ce dédoublement prend la forme d'une articulation entre pensée *assertorique*[7] et pensée *apodictique*[8] :

> « *toute pensée scientifique se dédouble en pensée assertorique et en pensée apodictique, entre une pensée consciente du fait de penser et*

6. Nous présentons ici les éléments du cadre de la problématisation telle qu'elle a été développée en didactique des sciences. Mais nous devons préciser que ce cadre est proposé avant tout pour les sciences fonctionnalistes. Cela n'est pas sans conséquences, et nous aurons à le montrer dans les pages qui suivent. Pour cette raison, nous présentons en premier lieu cette problématisation dans son cadre fonctionnaliste — nous pourrions dire « *habituel* » — mais nous aurons ensuite à nous questionner sur sa mise en œuvre dans les contextes de reconstitution historique (voir section 2.3 page 153).

7. Assertorique : qui provient d'une simple assertion, sans opérateur modal, c'est-à-dire sans idée de nécessité, d'impossibilité ou de possibilité. (CNRTL : http://www.cnrtl.fr/definition/assertorique ; consulté en nov 2018)

8. Apodictique : (dans la logique d'Aristote) dont la conclusion est nécessaire. Un jugement apodictique est un jugement pour lequel on admet comme modalité l'affirmation ou la négation comme nécessité. (CNRTL : http://www.cnrtl.fr/definition/apodictique ; consulté en nov 2018)

> *une pensée consciente de la normativité de penser* » (Bachelard, 1949, p. 25)

Pour Bachelard (1949, 1960, 1934) il s'agit avant tout d'abandonner *l'opinion* :

> « *La science* [...] *s'oppose absolument à l'opinion* [...] *L'opinion pense mal, elle ne pense pas : elle traduit des besoins en connaissances* »(Bachelard, 1960, p. 14).

Il ne s'agit donc pas d'« *accéder directement à un savoir factuel "vrai" mais plutôt de construire ou reconstruire la problématique dont ce savoir fournit une solution possible* » (Fabre et Orange, 1997, p. 40). L'objectif est d'abandonner :

> *« une connaissance d'opinion, une connaissance mal questionnée, assertorique, c'est à dire réduite à un simple constat, pour une connaissance qui, une fois problématisée, sera fondée en raison, deviendra apodictique* » (Fabre et Orange, 1997, p. 40).

Cette apodicticité se construit elle-même sur des *nécessités*, que l'on peut désigner en général par des « *raisons* » (Orange, 2000) et qui imposent un contrôle, car :

« *Par une curieuse accoutumance, l'apodictique vieilli prend le goût d'assertorique, le fait de raison demeure sans l'appareil de raisons* » (Bachelard, 1960, p. 247).

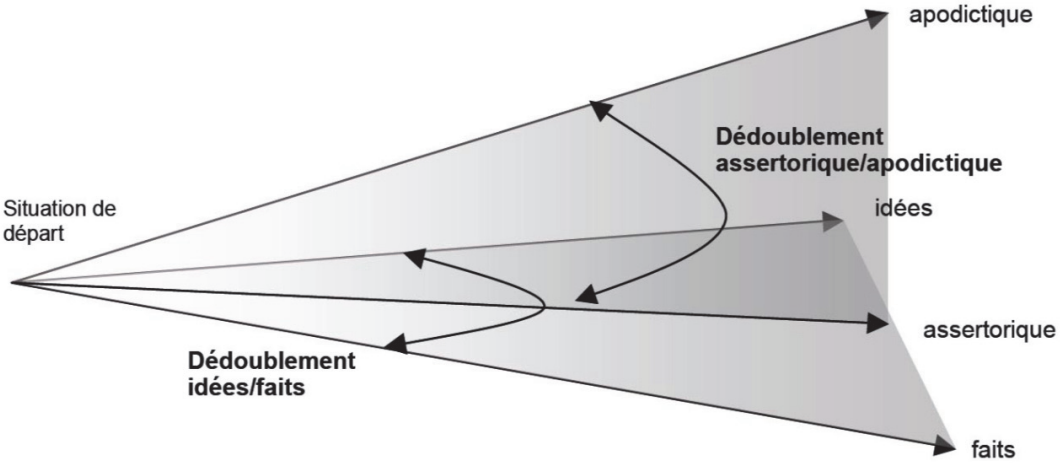
A ce niveau de notre analyse, nous envisageons de questionner les niveaux de structuration de la pensée entre *assertorique* et *apodictique*. En effet, nous considérons que *l'assertorique* relève d'une assertion, non questionnée et non engagée dans la production de raisons. La définition utilisée par Lhoste (2017, p. 60) nous convient parfaitement sur ce point : dans sa présentation du dédoublement du *possible* et du *nécessaire*, Lhoste reformule ces « *domaines* », en termes de problématisation, par *assertorique* et *apodictique*. Ce double dédoublement (Lhoste, 2017) est présenté sous forme schématique dans la figure 2.1.2 page ci-contre.

Cependant, nous souhaitons positionner ce qui relève du possible et du contingent en dehors du domaine de l'assertorique, et donc dans le domaine de la *pensée construite sur des raisons* (voir figure 2.1 page suivante). En effet, envisager le *possible* et le *contingent* est selon nous un mode de pensée qui ne relève pas de l'assertorique pur. Nous considérons ainsi qu'il existe un domaine intermédiaire, qui correspond à une forme de *pensée problématisante* mais qui n'a pas le niveau de la pensée rationnelle que suppose l'apodictique. La *nécessité* représente, dans ce domaine, une « *raison forte*[9] », qui ne saurait exister sans son symétrique, la *contingence*[10]. Et de ce fait, dans la mesure où *possible* et *contingent* dépendent

9. On considère que ces raisons, construites dans un contexte de pensée apodictique, sont d'une mise en œuvre exigeante et contraignante. Nous utilisons le terme de « *forte* » pour désigner ce niveau d'exigence.

10. La *contingence* (et le *possible*) appartiennent selon nous à une domaine de raisons dites

FIGURE 2.1.2 – Double dédoublement Faits/Idées et Assertorique/Apodictique (d'après Lhoste & Peterfalvi 2009)



d'une *ontologie*, ils n'atteignent pas le niveau apodictique, fondé sur des nécessités, mais ils en sont un mode d'accès. Ce mode d'accès aux nécessités serait ainsi un domaine transitoire de la pensée qui permettrait une exploration raisonnée, qui ne se précipite pas sur la solution et évite de ce fait « *d'emprunter un circuit trop court des idées aux raisons* » Bachelard (1960, p. 44).

TABLE 2.1 – Dédoublement assertorique / apodictique de la pensée scientifique

Pensée non-construite sur les raisons	Pensée construite sur les raisons	
Pensée assertorique		*Pensée apodictique*
Affirmation de ce qui « est » (factuel immédiat)	Possible	Nécessaire
Scepticisme premier (fait alternatif non raisonné)	Contingent	Impossible
Pas de raison	Raisons faibles	Raisons fortes

Considérer la contingence et le possible comme mode d'accès à l'apodictique, c'est envisager avant tout les conditions d'existence des faits dans un *champ des possibles* et préparer ainsi la pensée à imaginer les raisons d'une telle existence. L'assertorique

« *faibles* » dans la mesure où elles ne relèvent pas d'un haut niveau d'apodicticité dans le cadre fonctionnaliste dans lequel elles sont mises en place. Mais elles installent, au cours du processus de problématisation, un ensemble de contraintes qui permettent un accès aux raisons des faits.

au sens strict serait ainsi le domaine où les faits ne sont pas questionnés : le fait est considéré comme « fait » indépendamment des conditions de son existence.

En conclusion et en reprenant les propos de Orange-Ravachol et Beorchia (2011), nous considérons « *la problématisation comme un processus d'ouverture à des explications possibles (exploration d'un espace de contraintes) et de fermeture (construction de nécessités) permettant de construire des savoirs apodictiques* » Orange-Ravachol et Beorchia (2011, p. 3). Un enjeu important réside dans la construction du *champ des possibilités* : il s'agit de préciser dans quel *monde possible* la pensée va mettre en œuvre une articulation des *contraintes* et des *nécessités* qui s'inscrivent dans le modèle de problématisation. Pour le dire comme Orange-Ravachol et Beorchia (2011, p. 3) : « *une exploration du possible articulée à une extraction du nécessaire* ». En conséquence, pour donner sens au modèle, ce *champ des possibilités* constitue un *cadre explicatif* que l'on peut rattacher à ce que (Orange, 1997) désigne par le *Registre Explicatif (REX)*, que nous envisageons d'analyser maintenant.

Registre explicatif

Ce que nous avons désigné par « champ des possibles » représente l'ensemble des points de contrôle sur lesquels s'appuie le processus de problématisation. Si l'on s'appuie sur Orange (1997), ce champ des possibles correspondrait au registre explicatif (REX) qu'il définit comme :

> « *les éléments, technique, heuristiques, et d'intelligibilité avec lesquels sont construits de nouveaux modèles d'une tradition de science normale donnée* » (Orange, 1997)

Ce registre explicatif correspond aux « *références explicatives spontanées ou habituelles du modélisateur* » (Orange, 2000, p. 25). Il permet en quelque sorte un usage du modèle. Il est « *le monde qui donne sens au modèle et permet de la manipuler* » (Orange-Ravachol et Beorchia, 2011, p. 4).

Nous aurons l'occasion de montrer que ce registre explicatif prend valeur de cadre de référence pour la mise en œuvre de modes de raisonnement, notamment dans le recours à l'actualisme (voir section 2.1.3 page 127).

Remarque : En tant que référence, le registre explicatif constitue également le socle de réflexions sur lequel s'appuient les approches critiques (user ou non d'un tel registre) engagées dans les explications. De ce point de vue, le registre explicatif présente une fonction « *méta* » qui permet de *penser la façon* dont on construit les explications. C'est de ce registre explicatif que naissent les modes de pensées « méta-didactiques » sur lesquelles nous serons amenés à réfléchir plus loin dans nos questionnements sur le récit.

Espace de contraintes et nécessités

La recherche d'une explication scientifique suppose qu'il n'y a pas qu'un parcours possible, « *il y en a plusieurs, mais il y a des passages obligés : désyncrétisation des faits et des idées explicatives et accès à des principes de nécessités* » (Lhoste, 2017, p. 65). Or les problèmes qui intéressent majoritairement les Sciences de la Terre étant des problèmes explicatifs, il convient maintenant que nous réfléchissions à la modélisation de ces problèmes. L'explication ne saurait en effet être dissociée du modèle dans la mesure où :

> « *l'explication renvoie à la construction de modèles* » (Vergnioux, 2003, p. 37).

La présentation du produit de la problématisation prend donc la forme d'un modèle qui est désigné habituellement en didactique des sciences par « *l'espace contraintes et nécessités* ». Il se présente en général sous la forme d'une représentation schématique qui articule le registre des phénoménologies, que nous désignons par « *registre empirique* » avec le registre théorique que nous désignons par « *registre du modèle* ». Le registre empirique rassemble les éléments d'une phénoménologie (au sens large) (Martinand, 1996) :

La phénoménographie : elle permet une figuration symbolique du « réel ».

La phénoménotechnique : elle permet l'exploration du « réel » au travers de ce que Bachelard (1949) désigne comme une « *technique de réalisation du concept* ». A noter ici que l'idée de Bachelard selon laquelle les instruments de la science sont des *théories réifiées* convient bien à la définition de la *phénoménotechnique* : par l'instrumentation (au sens premier du recours à des instruments) et la théorisation du phénomène, la pensée construit le registre de l'empirie. La phénoménotechnique correspond ainsi à un processus de révélation de *l'actuel* tel que nous l'avons posé dans notre premier chapitre (voir chap 1 page 11).

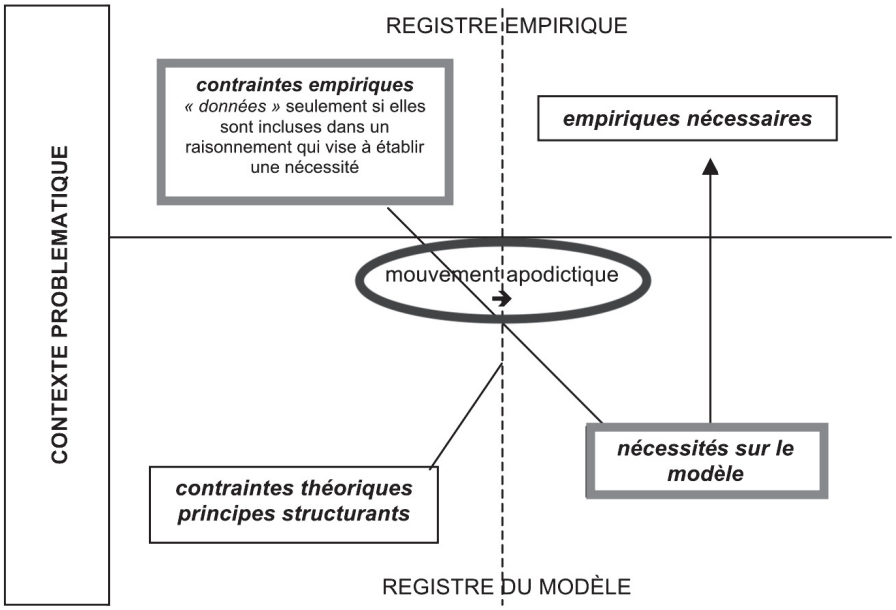
Une phénoménologie : au sens strict, cette phénoménologie permet en retour une *mise en application* du modèle.

Mais si la construction d'un registre empirique revient à une *phénoménologie* qui actualise le réel, sa mise en œuvre suppose « *des processus antérieurs d'élaboration conceptuelle, théorique ou modélisante, en ce sens qu'ils sont inconsciemment projetés sur la réalité* » (Martinand, 1996, p. 14). Pour le dire autrement, tout registre empirique *hic et nunc* est déjà modélisé par des concepts antérieurs. La problématisation se construit donc sur une mise en tension entre des concepts antérieurs, modélisant l'empirie, et des concepts en élaboration dans un univers de virtualités.

Nous empruntons à Lhoste (2017) sa présentation des « *espaces de contraintes et nécessités* » (Lhoste et Peterfalvi, 2009 ; Lhoste, 2017, p. 84) (voir 2.1.3). Ce

schéma, qui reprend, en le modifiant « *les espaces de contraintes* » de Orange (2000) articule RE[11]/RM[12] et contraintes et nécessités.

FIGURE 2.1.3 – Espace « contraintes et nécessités » (adapté d'après Lhoste, 2009).

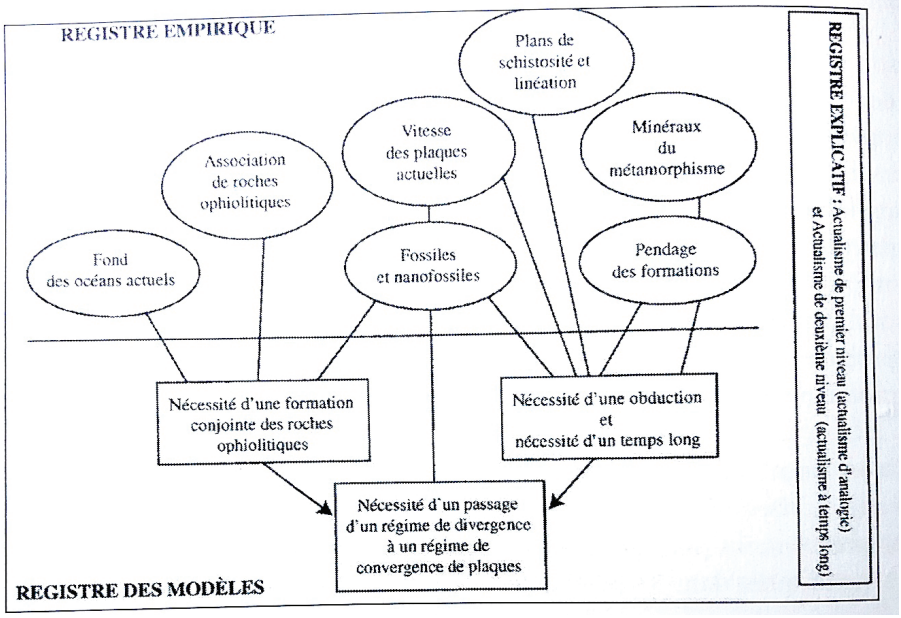


Avant les travaux de Lhoste (2017), cet espace de contraintes, développé par Orange (2000) et adapté aux sciences de la Terre par Orange-Ravachol (2012) notamment, présentait une articulation entre *contraintes empiriques* et *nécessité sur le modèle*, dont nous présentons un exemple sur lequel nous pourrons nous appuyer (voir 2.1.4 page suivante). Le modèle de Orange-Ravachol (2012, p. 32) montre la tension qui s'établit entre les contraintes qui sont « imposées » par l'empirie (ce qui relève de l'actuel) et les nécessités théoriques qui sont, elles, imposées par le modèle. L'ensemble de l'espace de contraintes et nécessités de cette problématisation entre dans le cadre d'un registre explicatif de référence : celui de l'actualisme qui est mis en œuvre dans le cadre général de la tectonique des plaques. Nous nous appuierons sur cette structure de modèle de problématisation pour construire les espaces de contraintes et nécessités impliqués dans nos situations de terrain (voir partie 3.4.2.3 page 233).

Mais revenons au modèle de Lhoste (2008) ; Lhoste et Peterfalvi (2009) ; Lhoste (2017) : la convention a été prise de placer en haut le RE et en bas le RM, à gauche les contraintes et à droite les nécessités. Cet espace permet de mettre en

11. RE : Registre Empirique
12. RM : Registre du Modèle

FIGURE 2.1.4 – Espace de contraintes* « Problème de la mise en place des ophiolites ». (d'après Orange Ravachol, 2012)



* : Le modèle de problématisation présenté est celui que mettent en place les géologues à propos de la formation des ophiolites. En ce sens, nous pouvons considérer que ce modèle correspond au problème dans son cadre de « savoir de référence ». Cet espace de contraintes peut être repris pour une transposition vers un savoir à enseigner en classe ou un ensemble de connaissances qui peuvent être impliquées dans une situation de médiation scientifique. Nous reviendrons sur ces espaces de contraintes dans notre partie étude de cas.

évidence les raisonnements/argumentations qui sont mis en jeu dans une activité de problématisation. Problématiser, c'est mettre en tension des contraintes et nécessités issues des deux registres :

Contraintes empiriques : Elles représentent les obligations que les faits imposent au modèle. Ces faits sont eux-même fortement dépendant du problème en cours de construction et du cadre théorique pré-existant. Dans notre exemple des ophiolites, ces contraintes relèvent de ce qui est exploitable sur le terrain (par exemple les pendages, les fossiles, les plans de schistosité, ...), ce qui est mis en évidence par exploration mécanisée (exploration des fonds océaniques), ce qui est mesuré via la technologie (vitesse de déplacement des plaques lithosphériques) notamment.

Nécessités sur le modèle : Elles relèvent de ce que le modèle pose comme indispensable à son fonctionnement de modèle conceptuel. L'exemple de la mise en place des ophiolites impose la nécessité de leur formation : donc un processus, imaginé dans le cadre d'un modèle de référence qui permet de dire d'où vient le matériel qui compose les ophiolites. Une autre nécessité est celle qui impose un mécanisme qui place ces roches sous-marines sur les continents : c'est le mécanisme que les géologues nomment l'obduction.

Dans son modèle, Lhoste (2017) ajoute des *« contraintes théoriques »* (auparavant associées par Orange aux nécessités sur le modèles) et des « *empiriques nécessaires* » qui nous intéressent dans la mesure où elles apportent un éclairage particulier, notamment sur le rapport à l'actuel sur lequel nous aurons à revenir dans le détail :

Contraintes théoriques : Elles sont à prendre en compte car elles peuvent représenter un obstacle dans le processus de problématisation. Elles sont des « *a priori partagés* » (Orange, 2000 ; Lhoste et Peterfalvi, 2009 ; Lhoste, 2017). Elles influencent la mise en œuvre de la problématisation sans être véritablement questionnées. Elles jouent en quelque sorte un rôle de « *présidence*[13] » sur la problématisation.

Empiriques nécessaires : Ce type de nécessités correspond à ce que Jacob (1995) (in Lhoste et Peterfalvi, 2009) désigne par des « *êtres de raison* ». Jacob définit ainsi les gènes comme « *des structures imaginaires requises pour rendre compte des faits connus. Personne n'en avait jamais vu. On ne pouvait ni les purifier, ni les mettre en bouteille* » (Jacob in Lhoste et Peterfalvi, 2009, p. 85). Ces nécessités peuvent garder un certain

13. Présider : « *Avoir la direction, le soin, la responsabilité de quelque chose et veiller à sa réalisation pratique sans (nécessairement) être impliqué dans l'exécution de celle-ci* ». CNRTL : http://www.cnrtl.fr/definition/présider ; consulté en nov 2018).

temps une nature théorique, jusqu'à ce qu'elles acquièrent un statut de *nécessités empiriques* dès lors que l'on peut les retrouver dans l'actuel.

Ces deux dernières formes de contraintes et nécessités, qui n'apparaissent pas toujours explicitement dans le modèle de problématisation sont d'un grand intérêt pour nous du fait du cadrage que nous avons faits de nos situations (voir chapitre 4 page 237). En effet, la médiation scientifique en géologie de terrain se construit autour de deux enjeux importants qui impliquent une activité de problématisation

- *Le réel de terrain s'actualise* d'une façon particulière dans le contexte « *in situ* » de la géologie de terrain. Nous pouvons ainsi considérer qu'il existe une différence dans le rapport au réel en tant qu'« *environnement* » et au réel en tant qu'« *objet* ». Ce que nous pourrions désigner comme un « *effet de contexte* », influence la place que prend le public dans le réel de terrain :
  - Le public se retrouve « *immergé dans le réel de terrain* » : il fait en quelque sorte partie du paysage qu'il étudie. Cette immersion a pour conséquence que le public est inclus au réel qui s'actualise *hic et nunc*.
  - Le public fait « *face à un objet du réel de terrain* » qu'il peut manipuler. Le public est ici extérieur au réel qui s'actualise.

  Nous pensons que ce rapport d'échelle de grandeur a un impact sur le processus de construction du registre empirique et nous aurons de ce fait à en analyser les niveaux d'*emboitement* pour prendre en compte la place que l'observateur y occupe.
- *La reconstitution d'une histoire géologique* suppose que soient mis en jeu les temps linéaires : de ce fait, une contrainte majeure de *temporalité* semble s'imposer à toute approche historique. Nous montrerons que la médiation doit non seulement prendre en compte le fait que l'histoire géologique s'inscrit dans les temps linéaires, mais également que ces temps linéaires nécessitent une construction et qu'ils ne sont pas « *donnés* » de telle sorte que la médiation en « *disposerait* » pour construire son histoire.

La problématisation prend donc forme au sein d'une espace de *contraintes* et de *nécessités* qui représentent les conditions d'accès à un savoir apodictique. Mais de telles contraintes et nécessités relèvent, nous l'avons vu, d'un fonctionnalisme qui ne répond que partiellement au besoin du médiateur de reconstituer une histoire géologique sur le terrain. Quoiqu'il en soit, une telle approche par problématisation nous semble incontournable quant à la construction d'un registre empirique partagé sur le terrain.

Conclusion

En conclusion, la construction des objets géologiques nécessite de « *montrer* » le phénomène qui en est à l'origine. Cette construction se met en place dans un cadre problématisant qui met en tension les contraintes empiriques et les nécessité

sur le modèle. En révélant ce qui pose problème, l'activité de problématisation fait ressortir les raisons d'exister des objets géologiques. Il s'agit ainsi d'aller au-delà du possible et de construire les nécessités des phénomènes.

Le cadre de la problématisation que nous mobilisons pour nos recherches est fondé sur l'idée que c'est davantage la construction de problèmes que leur résolution qui permet la construction de la pensée scientifique. C'est la tension de problématisation, qui nourrit la rupture épistémologique nécessaire aux savoirs scientifiques.

Cette tension de problématisation se construit sur deux dédoublements. Le premier relie faits et idées : il y a problème quand faits et idées viennent en tension. Le deuxième dédoublement articule le possible et le nécessaire. De ce deuxième dédoublement découle une pensée assertorique et une pensée apodictique. Par l'activité de problématisation, la pensée scientifique rompt avec l'assertorique, mal questionné, et accède à l'apodictique, fondé en raison. L'apodicticité se construit ainsi sur des nécessités des phénomènes.

Le possible et le contingent constituent des formes raisonnées de la pensée mais n'ont pas le niveau de pertinence rationnelle que le nécessaire (et son corollaire : l'impossible). Ils représentent néanmoins un mode d'accès à la raison des phénomènes et donc à l'apodicticité.

La mise en œuvre de la problématisation ne prend sens qu'au sein d'un cadre de référence. Ce cadre définit en quelque sorte les points de contrôle sur lesquels s'appuie le processus de problématisation.

La présentation schématique de la problématisation prend la forme d'un espace de contraintes et de nécessités. L'espace « phénoménologique » contient notamment le registre empirique (RE), qui s'articule avec le registre théorique ou registre du modèle (RM). Il est possible ainsi de mettre en évidence un mouvement apodictique, correspond à une mise en tension des contraintes empiriques avec les nécessités sur le modèle.

Mais qu'en est-il des événements ? Car la reconstitution de l'histoire géologique passe par l'organisation des événements dans le temps, pas seulement des phénomènes. Ce n'est pas juste une explication que l'on veut construire : c'est une histoire. Elle a besoin d'explication mais doit aller plus loin, en organisant les événements dans le temps.

2.1.3 Convoquer le présent pour expliquer le passé : mettre en œuvre l'actualisme

Notre questionnement s'engage maintenant sur les *modalités de recherche des événements du passé*. Cette recherche, nous l'avons dit se met en place autour d'une exploration des *traces* de terrain, témoins de ce passé. Mais pour que ces traces de terrain acquièrent le statut *d'indices géologiques*, elles doivent s'intégrer à un cadre explicatif qui leur donne une signification. C'est une activité « *phénoménologique* » qui est en jeu ici, et qui consiste en une construction *spatio-temporelle d'un registre empirique partagé*. Mais dans l'objectif de reconstitution d'une histoire géologique, l'insertion spatio-temporelle de ce registre empirique n'est pas aisée. Elle suppose de décortiquer les mécanismes à l'origine des objets géologiques qui constituent les indice de terrain. Pour reprendre le termes que nous avons précédemment utilisés, il s'agit de préciser les modalités d'actualisation de ces objets géologiques. Il faut, comme nous l'avons dit dans la section 2.2 page 138, positionner ces objets dans leur temporalité relative. Mais cela suppose auparavant de remonter aux causes anciennes qui permettent d'expliquer l'actualité de ces objets géologiques, c'est-à-dire leur présence dans le réel de terrain géologique.

Les éléments d'histoire de la géologie que nous avons développés dans la partie 1 page 11 nous ont permis de mettre en évidence le rôle fondamental du « *Principe des Causes Actuelles* » ou *Actualisme*, selon lequel « *le présent explique le passé* » (Gohau, 2003). Nous souhaitons montrer ici les apports des études en didactique des sciences qui ont été menées sur l'*actualisme* et qui ont mis en évidence les difficultés des élèves à le mettre en œuvre, mais également les obstacles dont les enseignants doivent tenir compte dans la mise en place d'activités de Sciences de le Terre qui mobilisent des problèmes historiques. Nous positionnerons ces questionnements dans la perspective d'une mise en œuvre dans les situations de terrain.

La mise en œuvre de l'actualisme peut être analysé autour de trois de ses implications :

La constitution des indices de terrain à partir de traces : l'actualisme pose le cadre fonctionnaliste qui permet de construire les objet géologique et leur donner un sens. De ce sens peut naitre un message qui renseigne sur le passé de l'objet.

L'organisation de ces indices dans un cadre spatio-temporel : les indices, dans le registre explicatif que représente l'actualisme, ne s'insèrent pas que dans un cadre spatial. Ils existent également dans une temporalité. Les principes de la géologie (comme le principe de superposition par exemple) permettent de déterminer cette temporalité à partir de la position relative des objets géologiques.

La mobilisation des temps longs : les phénomènes géologiques, très lents, à l'ori-

gine des indices de terrain ne peuvent s'expliquer qu'à la condition de mobiliser les temps longs, seuls capables de produire de tels objets géologiques.

2.1.3.1 L'actualisme : une méthodologie pour recueillir des indices de terrain

Avant de nous engager dans l'analyse des contraintes didactiques de la mise en œuvre de l'actualisme, une précision s'impose ici : nous focalisons volontairement notre travail sur les reconstitutions *historiques* qui se font dans le cadre de la géologie *historique*. Mais le principe méthodologique de l'actualisme s'insère dans une approche plus générale du passé géologique de la Terre. Nous verrons notamment que c'est l'articulation de ce principe entre géologie *fonctionnaliste* et géologie *historique* qui donne à l'actualisme sa puissance explicative.

Explorer le champ des possibles : Actualisme d'analogie

Le travail de terrain en géologie repose principalement sur le recueil d'indices de terrain susceptibles de fournir des informations sur le passé des structures géologiques face auxquelles on s'interroge. Nous avons insisté sur l'approche qui consistait à observer et décrire le registre empirique (voir section 2.1 page 102). Nous avons à ce propos précisé en quoi cette démarche relevait bien davantage de la construction conceptuelle que de la simple activité d'observation/description. Cela nous a permis de dire que cette activité de terrain se met en place principalement autour de la *construction d'un registre empirique partagé*.

Cependant, nous le rappelons ici, construire les objets géologiques de terrain, c'est avant tout les faire exister dans l'actuel. Cela suppose donc, d'une part, d'explorer le champ des possibles dans un cadre explicatif délimité, et d'autre part définir l'espace de contraintes et nécessités qui s'impose dans ce cadre explicatif mobilisé.

La mise en œuvre de l'actualisme consiste en premier lieu à déterminer un cadre explicatif qui le mobilise comme principe structurant. Dans le modèle de problématisation que nous avons présenté en section 2.1.2 page 115, les registres explicatifs mobilisés en géologie sont principalement ceux de la tectonique des plaques et de l'actualisme [14]. L'actualisme pour sa part constitue une sorte de méta-principe qui donne sens aux divers principes utilisés en géologie : par exemple, le principe de superposition met en œuvre une causalité issue de la physique newtonienne selon laquelle les particules en suspension dans un liquide sont soumises à la gravitation universelle et donc se déposent « vers le bas ». Il résulte d'une

14. L'un ayant le statut de théorie (définissant ainsi un cadre méthodologique qui ne se limite pas à l'actualisme) ; l'autre ayant le statut de principe méthodologique.

telle loi physique que les strates issues de ces éléments déposés sur le dessus sont nécessairement postérieures à celles situées en dessous [15].

L'actualisme ouvre donc la possibilité de procéder à des *analogies* entre les phénomènes physico/chimiques actuels et ceux que l'on tente de reconstituer dans le passé. Si la mise en œuvre des *causes physiques* anciennes semble relativement aisée (facilité d'isoler un nombre limité de facteurs causals), elle est en revanche plus délicate si l'on s'occupe de *causes géologiques*, que l'on a défini comme complexes (voir 1.3.2.1 page 86).

Il nous faut maintenant aller plus loin dans notre questionnement sur l'actualisme et sa capacité à construire les objets géologiques de terrain. Nous avons dit que par l'analogie, l'actualisme permettait d'engager des problématisations fonctionnalistes vers le passé. Mais en quoi cet actualisme d'analogie est-il efficient dans la mise en place d'un registre empirique partagé ?

Actualisme et construction d'un registre empirique partagé

Nous avons précisé les contraintes et les modalités de la construction de ce registre empirique partagé au travers des activités d'observation et de description et nous avons dit l'importance de mobiliser à cette occasion, un registre explicatif de référence. Ce registre explicatif consiste en un cadre au sein duquel l'articulation des registres empirique et théorique prend un sens précis (qui serait différent dans un autre cadre (Orange, 2000)).

Le recours à l'actualisme permet ainsi de mettre en place une tension entre registre empirique et registre théorique. Il s'agit en effet de mettre en tension les contraintes qui s'appliquent au registre empirique avec les nécessités imposées par le modèle. Cette problématisation, rendue possible par le principe des causes actuelles, conduit à révéler un problème, le plus souvent de nature fonctionnaliste. En effet, les formes de causalités qui sont prises en charge dans le cadre du principe de l'actualisme sont en général de types mécanistes : l'enjeu de l'explication relève du fonctionnement d'un objet de la géologie. Nous pouvons donc supposer que l'actualisme a des rapports privilégiés avec le fonctionnalisme [16].

15. Il est évident qu'une telle loi ne s'applique que dans des conditions parfaitement contrôlées ; il faut notamment exclure une modification du système postérieurement au dépôt, sous peine d'invalider l'observation des couches déposées. C'est un cas fréquent en géologie, qui ouvre d'ailleurs aux interprétations des phénomènes tectoniques qui bouleversent l'ordre originel des strates : une inversion de polarité des strates renseigne ainsi sur des phénomènes tectoniques possibles à l'origine d'une telle inversion (flanc inverse d'un plis couché par exemple).

16. Les problèmes fonctionnalistes sont nombreux en géologie, y compris dans la géologie historique. Nous pourrions dire que avant toute chose, le travail du géologue de terrain est de constituer ses objets géologiques par une approche fonctionnaliste afin de travailler leur temporalité par la suite. Bien évidemment ce n'est pas si simple, mais nous souhaitons montrer ici que les deux approches –fonctionnaliste et historique– se complètent.

Revenons à la construction du registre empirique partagé : avant de recueillir des indices, il faut tout d'abord inventorier des traces dignes d'interêt [17]. Ce travail d'exploration n'est en rien un travail à l'aveugle. La maitrise d'un cadre théorique qui projette sur le réel des images pré-construites, impose à l'œil, si l'on peut dire « *ce qui doit être vu* ». Ce *réel de terrain* (Orange *et al.*, 1999 ; Stengers, 2011 ; Gould, 1989), dans lequel résident ces « *futurs indices* » , constitue une collection potentiellement très riche, mais qui ne prend corps qu'au travers d'un travail pré-conceptuel. Il découle d'un telle contrainte que seuls les indices considérés comme pouvant être trouvés, sont susceptibles de l'être réellement dans la pratique. Orange *et al.* (1999)Orange *et al.* (1999, p. 114) ont ainsi mis en évidence le rôle important de la « *maturité* » du chercheur dans l'exploration du terrain : interrogé par Orange *et al.* (1999)Orange *et al.* (1999, p 114), le géologue de terrain Christian Chopin note qu'il est « *impressionné par la diminution de la quantité de cailloux qu'il rapporte à chaque campagne depuis le début de sa carrière. Entre la première année de sa thèse (il y a 20 ans* [18]*) et la deuxième, on passe de 500 à 250 ; maintenant "quand je ramasse 30 échantillons, j'ai de quoi m'occuper pour l'année et même plus"* » Orange *et al.* (1999, p. 114). La maitrise du cadre théorique influence donc fortement le travail d'échantillonnage sur le terrain.

Actualisme et construction de l'espace des contraintes et nécessités

L'activité phénoménologique qui se met en place sur le terrain mobilise donc un cadre explicatif qui permet de construire les objets géologiques au travers du phénomène qui leur donne naissance. Pour reprendre l'exemple des marnes à Globigérines que nous avons déjà évoquées, l'objet « Marne à Globigérines » ne prend véritablement corps que lorsque le phénomène à l'origine de sa formation a conduit à définir un certain nombre de propriétés. Mais les marnes ne sont considérées comme « marnes » que si elles entrent dans la catégorie qui définit habituellement les marnes. Faire entrer un objet d'observation dans une catégorie, c'est faire le pari que sa présence *hic et nunc* provient de la production d'un phénomène précis que l'on décrit. En d'autres termes, l'actualisation d'un objet géologique dépend directement, et en toutes situations, de notre capacité à le rattacher à une explication pré-existante. Le transferts vers le passé que rend possible l'actualisme n'est donc pas un outil du seul géologue : il correspond à notre capacité à rechercher dans le passé les raisons d'exister d'un objet actuel. C'est en ce sens que, comme Ellenberger (1994) le précisait, l'actualisme est un truisme : appliqué à la vie de tous les jours, il prend une dimension pratique d'une grande efficacité. Ainsi, si vous trouvez une pomme sous un arbre, vous allez associer cette

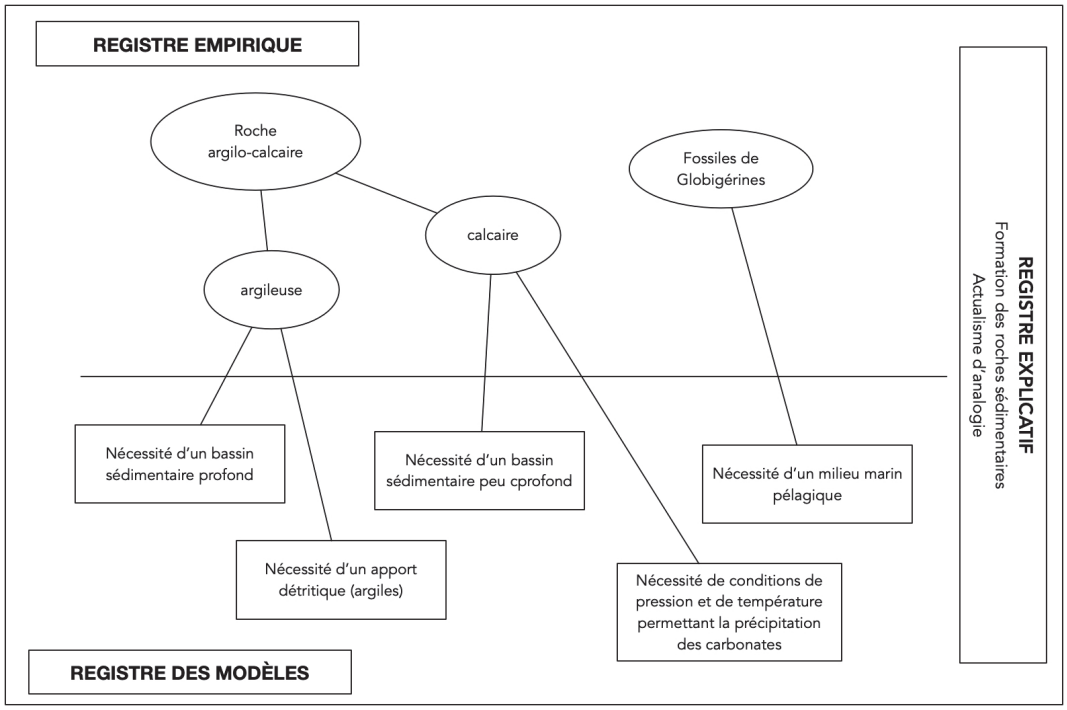
17. Il s'agit en fait pour le géologue d'estimer une « potentialité d'indice » dans les traces de terrain. Chaque trace peut en effet devenir indice.

18. L'article date de l'année 1999.

présence à celle de l'arbre et échafauder l'explication selon laquelle la pomme est tombée de l'arbre. Vous avez catégorisé les objets pommes et arbre (dans les groupes fruits et pommier par exemple). Vous avez fait intervenir un cadre explicatif en faisant « fonctionner » la gravité au sein d'un modèle. Il y a de grandes chance que votre explication, la plus cohérente, soit la « bonne ».

Dans le cas de notre exemple des marnes à Globigérines, il est possible de construire un espace de contraintes et nécessités de la formation des marnes à Globigérines. La mobilisation ici de l'actualisme d'analogie dans un cadre explicatif de la formation des roches sédimentaires permet de construire l'objet « *marne à Globigérines* » [19].

FIGURE 2.1.5 – Espace de contraintes et nécessités (Formation des marnes à Globigérines). (Adapté d'après Orange 2000)



L'actualisme d'analogie est donc avant tout un principe méthodologique qui ouvre sur des explications fonctionnalistes. En effet, en procédant à une analogie dans les règles de causalité, il y a mise à l'écart du temps. Cela ne signifie pas que le temps n'est pas pris en compte dans le modèle. C'est simplement que ce

19. Comme nous l'avons déjà précisé, le modèle de problématisation se focalise volontairement sur certains aspects du problème. Dans cet exemple, la problématisation ne porte pas sur la fossilisation ; il s'agit juste, de ce point de vue, de comprendre la nécessité de l'existence d'organismes marins pélagiques à l'origine des fossiles de Globigérines.

temps ne fait pas partie des contraintes qui s'y appliquent. Ainsi, les phénomènes sédimentaires se produisent de façon assez lente en ce qui concerne notre exemple [20] : la sédimentation est donc un phénomène qui se produit dans la durée. Mais dans l'espace de contraintes et nécessités que nous avons proposé, cette question n'est pas soulevée. Nous avons donc sciemment mobilisé un modèle fonctionnaliste afin d'expliquer un « mécanisme » de formation d'une roche sédimentaire.

Le recours à l'actualisme d'analogie permet donc de mobiliser les phénomènes nécessaires à la construction des objets géologiques de terrain. Recueillir des indices suppose ainsi de sélectionner des traces de terrain par la capacité à entrer en tension avec un registre théorique. Nous voyons cependant ici une limite importante à la mise en œuvre d'un modèle fonctionnaliste : l'explication qui se met en place évacue le temps. Or nous avons défini l'enjeu de la géologie de terrain : il faut reconstituer une histoire géologique, et non pas s'en tenir seulement à des explications qui relève du possible, mais construire une narration (Gould, 1989) qui relève, non pas du possible, mais bien du réel (Whewell, 1840).

2.1.3.2 Explorer les objets géologiques pour explorer le temps

L'actualisme est donc le principe méthodologique qui permet de construire les phénomènes du passé au travers d'une causalité fonctionnaliste. *L'actualisation* des objets de la géologie, c'est-à-dire la production dans l'actuel d'un fait construit comme « s'accomplissant » dans le réel sensible, est donc à considérer comme « *ce qui advient* ». La mobilisation du registre explicatif fonctionnaliste par l'actualisme conduit à produire des phénomènes. Mais dans l'objectif de reconstitution d'une histoire géologique, ce ne sont pas des phénomènes qui constituent les unités narratives propres de l'histoire. Ce sont des événements. Comment se construisent ces événements ?

Nous comprenons dès lors la nécessité de passer à une autre étape dans le travail de terrain. Si l'actualisme permet de mobiliser des phénomènes pour expliquer les processus géologiques du passé, il reste à les organiser dans le temps, le long d'une narration. Une nouvelle variable s'impose alors : le temps. C'est l'insertion des phénomènes dans une temporalité qui en fait des événements.

Les travaux de (Orange-Ravachol, 2012, 2003, 2005a,c, 2010) nous éclairent sur ce point et nous permettent de définir deux formes d'actualisme, que cette auteure désigne par « *Actualisme d'analogie* » et « *Actualisme constructeur de temps longs producteurs de phénomènes* ». Nous les avons présentés dans le paragraphe 1.3.2.2 page 92. Nous renvoyons également à la présentation schématique de ces deux formes d'actualisme : fig 1.3.2 page 93.

20. Il en serait tout autrement dans le cas de la formation de turbidites, qui sont des sédiments mis en place par des phénomènes d'avalanches sous-marines, et qui sont donc des phénomènes très rapides.

L'actualisme organise les objets dans l'espace et dans le temps

Mais nous devrions plutôt dire « *les* » temps. En effet, nous rappelons ici que plusieurs formes de temps sont associées au travail de reconstitution historique :

- *Le temps sagittal* s'impose comme *contrainte théorique*. Dans le modèle de problématisation de Lhoste (2017), qui reprend les travaux de Orange (2000), ces contraintes théoriques sont imposées au modèles sans être véritablement questionnées. Nous pensons que le temps sagittal répond à cette condition, en imposant que soit mis en œuvre une reconstitution chronologique qui respecte le principe fondamental de l'antériorité. Ce principe peut être utilisé comme une loi causale, dans le cadre de la mise en œuvre des causes complexes en géologie, imposant dès lors que les causes soient nécessairement antérieures aux effets. C'est une façon d'inclure la temporalité dans les relations causales (Kant, 2006). Mais nous avons dit les difficultés qui résident dans de tels modes de raisonnement, la temporalité ayant la fâcheuse tendance à se substituer à la cause.
- *Le temps cyclique* est le temps qui est mobilisé dans les explications fonctionnaliste. Il relève de la nécessité théorique, car le fait de pouvoir « re-mobiliser » l'explication d'un phénomène dans une nouvelle situation qui se présente repose sur la « cyclicité » du phénomène, au sens où il est reproductible : en termes simples, c'est parce que le phénomène se « re-produit » que l'on peut le « re-voir », le « re-expérimenter », ou pour à nouveau reprendre le vocabulaire de Granger (1995b), le « *ré-actualiser* ».
- *Les temps longs* se présentent comme nécessaires aux phénomènes lents. Ils sont constitutifs de la géologie.

Les principes de la géologie (superposition, recoupement, inclusion) que nous avons évoqué plus haut, représentent les « instruments » phénoménotechniques chers à Bachelard (1949) qui permettent l'application d'un champ théorique à l'exploration de l'empirie. Le principe de superposition par exemple ne prend sens que dans un cadre bien délimité où les objets sont soumis à la gravitation universelle. Ce qui peut paraitre comme une évidence, « *les objets s'empilent les uns sur les autres* » n'a de sens que dans le cadre posé par les lois de la gravitation. C'est parce que les cas qui dérogent à cette loi sont peu nombreux qu'il est en général difficile d'imaginer des superpositions contre-factuelles [21]. Le principe de superposition ne représente pas, à lui seul, une difficulté importante de la géologie. Mais son utilisation au sein d'un réseau complexe de causalités peut, lui, réserver des obstacles certains.

21. Les phénomènes de sédimentation par centrifugation peuvent éventuellement permettre d'accéder à ces cas de contre-factualité.

Dater les objets géologiques : inclure les phénomènes dans une temporalité

L'exploration des temps géologiques ne peut véritablement s'engager qu'à la condition de disposer de plusieurs objets géologiques, associés chacun à un phénomène. C'est la place de ces objets dans l'espace qui est en mesure de fournir une information. L'approche fonctionnaliste permet de dire *ce qui* s'est produit, une approche historique devrait permettre de dire *quand* cela s'est produit. Il s'agit donc de procéder à une insertion des phénomènes dans une temporalité, autrement dit : une *datation*. Deux modes de datation sont utilisés en géologie :

La datation absolue : elle s'appuie en général sur la radiochronologie et permet de donner un âge absolu à un objet géologique. Cet âge est donné en référence au présent qui sert d'ancrage. Par exemple, un granite peut être « mesuré » avec un âge de –360 MA-BP (360 millions d'années before present).

La datation relative : elle est mise en œuvre principalement dans le cadre de la stratigraphie [22] et de la paléontologie. Par des corrélations entre strates (de préférences fossilifères [23]), les terrains sont datés relativement à leur position aux autres terrains. Une telle méthodologie a conduit à la mise en œuvre (en complément de datations absolues) d'une échelle stratigraphique de référence l'échelle chronostratigraphique.

Si les phénomènes sont datés et localisés, ils acquièrent une nouvelle « actualité » : ils existent *hic et nunc.* C'est un peu comme si, après avoir été décontextualisés pour devenir un énoncé de savoir, il devaient re-devenir *particulier* pour accéder à l'histoire. Ainsi, alors que la géologie, en tant que science fonctionnaliste, s'écarte le plus possible du particulier pour construire ses énoncés, la géologie historique quant à elle nécessite de se focaliser sur la singularité des événements afin de les configurer au sein d'une narration.

En quoi l'actualisme ouvre-t-il à une telle insertion des phénomènes dans la temporalité ? Pour répondre à cette question nous devons envisager le rôle de l'actualisme dans des problèmes historiques de la géologie.

2.1.3.3 Actualisme constructeur de phénomènes : nécessité de temps longs

La confrontation aux problèmes historiques de la géologie soulève plusieurs difficultés. D'une part, les phénomènes de la géologie sont difficilement perceptibles dans leur temporalité. Soit ils sont très fortement discontinus : les séismes et les

22. Le champ disciplinaire de la géologie qui a la charge d'un tel travail est la « *chronostratigraphie* ».

23. Une grande part de la chronostratigraphie prend appui sur des informations tirées des contenus fossilifères (= biostratigraphie).

éruptions volcaniques en sont de bons représentants. Dans le sens commun et dans les temps humains, ils se produisent ponctuellement : il y a alternance de périodes de calme et de périodes « actives » [24]. Soit ils sont continus et discrets : la surrection d'une chaine de montagnes est un processus discret car très lent dans la temporalité humaine [25]. Le lenteur de ces phénomènes à l'échelle humaine conduit donc à la *nécessité de temps longs géologiques* dans les explications historiques [26].

D'autre part, et cette difficulté se situe dans le prolongement de la précédente, les événements à envisager sont uniques, singuliers ; comment dès lors expliquer qu'ils aient pu se produire comme occurence unique si aucun phénomène [27] ne peut leur être associer ? Nous montrerons dans cette partie que c'est parce que les événements, dans les explications des géologues, sont associés à une *classe de phénomènes* (Orange-Ravachol, 2012) que l'on peut en donner une explication fonctionnaliste. La tension entre phénomène et événement dans l'approche d'un fait géologique est alors susceptible de produire une reconstitution sous la forme : tel phénomène, qui s'est produit à ce moment précis, à cet endroit précis, peut dès lors être considéré comme un événement géologique ponctuel, que l'on peut replacer dans le cours d'une histoire géologique.

Le temps quantitatif dans les phénomènes : la lenteur des phénomènes impose les temps longs à l'histoire

Prenons un exemple de problème historique typique de la géologie : la formation d'une chaine de montagne. Aucun phénomène géologique à lui seul ne permet de reconstituer le processus de surrection d'une chaine de montagnes : l'actualisme d'analogie n'est pas opérationnel dans une telle reconstitution. Cela est lié au fait que les phénomènes que l'on envisage pour expliquer la surrection de telles

24. Ce qui vaut à ces périodes d'activité le nom de catastrophe

25. Il faut noter ici que ces deux cas de figure n'en font qu'un : ce qui différencie les deux conceptions (continue ou discontinue) c'est le temps qui est pris comme échelle de mesure. Ainsi ce qui est discontinu à l'échelle humaine est en fait un processus continu, éventuellement « saccadé ». Nous voyons de nouveau ici que le catastrophisme naïf se nourrit principalement d'une vision anthropocentrée de l'événement : hors des temps humains, les séismes n'ont pas ce caractère catastrophique.

26. Nous rappelons le choix ici d'utiliser les termes d'« *explications historiques* » à partir du moment où la temporalité est envisagée dans les explications. Dans le cas contraire, nous sommes en présence d'une explication fonctionnaliste (d'autres formes d'explications peuvent également être envisagées mais nous ne les considérons pas ici).

27. Le caractère principal d'un phénomène c'est qu'il est reproductible : il peut être répété en laboratoire et peut se produire de nouveau de façon naturelle. C'est en s'appuyant sur une telle caractéristique que les explications géologiques prennent sens dans les énoncés. C'est un des fondements de la phénoménologie que de nous permettre de « voir » le monde aujourd'hui à partir de nos représentations construites par le passé. Il en va de même de l'approche phénoménotechnique qui exploite cette répétabilité.

structures géologiques sont excessivement lents à l'échelle humaine. C'est ainsi que s'impose la nécessité de temps longs. Comprenons-nous bien : ce sont bien des temps longs « à l'échelle humaine » dont nous avons besoin. Si nos vie d'humains s'étalait sur plusieurs dizaines de milliers d'année, nous n'aurions très probablement pas du tout le même rapport à la temporalité des phénomènes géologiques. Quoi qu'il en soit, afin de prendre contact avec cette temporalité, soit il faut mobiliser des temps longs, soit il faut accélérer les phénomènes dans des modélisations. C'est d'ailleurs ce que font les géologues qui modélisent les processus à l'œuvre dans les chaines de montagnes : pour palier la lenteur des phénomènes et *« se passer des temps longs »*, les géologues construisent des modèles qui « *fonctionnent* » dans des temporalités humaines. Il reste ensuite à transposer les éléments du modèle sur des temps longs, ce qui réserve un certain nombre de difficultés que nous n'évoqueront pas ici.

Quel rôle joue l'actualisme dans une telle mise en jeu des temps longs ?

Nous pouvons nous appuyer de nouveau sur Gohau (2003, p. 10) :

> « *D'ailleurs, qu'est l'actualisme en géologie sinon la transposition au temps du postulat d'universalité des lois de la nature* [...] *?* »

La construction de phénomène de temps longs

L'actualisme ne permet pas d'engager uniquement la *causalité* vers le passé : il engage la *linéarité du temps humain* dans le passé des temps géologiques. Ce principe autorise le géologue à « s'imaginer » dans un passé possible dans lequel les règles de causalité et de temporalité ne sont pas différentes de celles qui s'appliquent actuellement. Pour le dire sous la forme d'un aphorisme : *« le temps passait, dans le passé, comme il passe actuellement »*. Il n'est donc pas envisageable que le temps puisse jouer un rôle différent par le passé, que celui qu'il joue aujourd'hui. Les géologues sont donc contraints de considérer que c'est la vitesse très lente des phénomènes qui nous les rend si peu accessibles à l'entendement. La formation d'une chaine de montagne ne prend une signification rationnelle qu'à la condition que soient mis en œuvre des *temps longs producteurs de phénomènes* (Orange-Ravachol, 2012) (voir 1.3.2 page 93). Le concept d'orogenèse développé par les géologues n'a pu se construire qu'à partir du moment où les temps longs ont été envisagés. C'est, comme nous l'avons dit plus haut, l'un des obstacles épistémologiques importants que la géologie a dû franchir au XIXe siècle.

Le recours à l'actualisme de deuxième niveau n'est pas aisé et suppose de maitriser un certain nombre de phénomènes géologiques afin de les repositionner dans un cadre temporel « dilaté ». Le risque d'un tel usage des temps longs est de tomber dans des formes de temps vides, an-historiques car peuplés de trop peu de phénomènes. De la découle très vraisemblablement la mobilisation d'un « *temps magique* » qui se substituerait aux phénomènes : avec le temps, les phénomènes

« *finissent* » par se produire. Nous voyons ici la difficulté de considérer la durée sans avoir à l'imaginer comme « *bien remplie* ». Les travaux menés par (Orange-Ravachol, 2005b ; Orange-Ravachol et Beorchia, 2011 ; Orange-Ravachol, 2012) montrent cette difficulté des élèves à envisager les temps longs sans recourir à des formes de temps magiques qui « *produisent les faits* » en quelque sorte et se substituent ainsi aux phénomènes. Nous voyons ici, comme Orange-Ravachol un obstacle important lié à l'« *épaisseur du temps* » : celle-ci est directement liée à la quantité d'événement qui en constituent la matière.

Conclusion

L'actualisme, ou principe des causes actuelles, n'est donc pas seulement une méthodologie qui explique les phénomènes du passé : c'est avant tout un moyen dont on dispose pour construire l'actualité des objets géologiques. C'est par l'actualisme que de simples traces du passé deviennent des indices géologiques. Mais c'est en fait au travers d'une *phénoménologie* que l'actualisme permet la construction d'un registre empirique partagé. En mobilisant l'actualisme, le géologue construit à la fois l'*objet géologique* et le *phénomène* qui lui a donné naissance. Cette non dissociation de l'objet et du phénomène constitue notre approche phénoménologique de terrain.

La mise en œuvre de l'actualisme relève d'une approche fonctionnaliste : en procédant par des analogies entre le présent et le passé, l'actualisme met en relation des « *process* » dans l'objectif de déterminer le fonctionnement de la Terre.

L'actualisme met en place un cadre de causalité qui permet de penser le passé. En positionnant l'observation dans une perspective, il ouvre aux explications possibles de l'origine des objets géologiques. Il suppose donc qu'avant leur formation, ces objets n'existaient pas. Il place ainsi ces objets dans une histoire dirigée.

L'actualisme est donc un principe structurant la démarche fonctionnaliste mise en œuvre le long d'une activité de problématisation. Dans la mesure où il mobilise des analogies, il est de nature fonctionnaliste. Mais il représente en fait un trait d'union entre l'approche fonctionnaliste et l'approche historique : il conduit en effet à poser des phénomènes géologiques qui transforment le monde, le change. Il impose donc aux objets géologiques de s'inscrire dans une histoire dirigée. L'actualisme est donc un principe méthodologique fonctionnaliste qui conduit à une certaine historialité.

Les temps longs s'avèrent nécessaires dès lors que l'actualisme met en œuvre des phénomènes lents. L'analogie au sens strict n'a plus de sens. L'actualisme de deuxième niveau s'appuie donc sur des temps longs « *producteurs de phénomènes* ».

Les principes de la stratigraphies sont caractéristiques de la méthodologie employée pour produire du temps à partir de l'espace. La répartition des objets géologiques dans l'espace renseigne ainsi sur leur organisation temporelle : la façon

dont les terrains sont disposés dépend de leur histoire. C'est donc à partir de la configuration de l'espace géologique que peut se reconstituer une histoire géologique.

L'histoire géologique se construit à partir d'une inclusion des phénomènes dans la temporalité : c'est-à-dire la « *secondarisation* » des phénomènes en événements.

Comment, à partir de cette approche actualiste, est-il possible de reconstituer une histoire géologique singulière, unique et contingente, construite sur la nécessité et non pas seulement sur le possible ?

L'actualisme, quoique fonctionnaliste dans ses objectifs, mobilise donc le temps. Mais il ne donne pas lieu à une histoire : c'est là une de ses limites. Tout au plus il engage les phénomènes dans une historialité. Il conduit « seulement » à une insertion des temps longs dans un modèle théorique, constructeur de phénomènes. Il produit un modèle qui peut servir à la construction d'une histoire. Mais ce modèle n'est pas l'histoire, dans la mesure où elle n'est ni contingente ni nécessaire.

2.2 CONSTRUIRE LES TEMPS GÉOLOGIQUES

La problématisation fonctionnaliste ne permet pas de reconstituer l'histoire géologique, elle en apporte seulement la rationalité au regard des modèles fonctionnalistes qu'elle mobilise. Reconstituer l'histoire géologique suppose d'organiser les événements dans le temps. Il y a dès lors implication des temps linéaires, qui engagent la problématisation dans une démarche historique (2.3 page 153). Mais avant cela, nous devons analyser en quoi la mobilisation du « temps » constitue une difficulté dans la reconstitution d'une histoire géologique.

Nous souhaitons montrer ici, en reprenant nos considérations épistémologiques (voir section 1.2 page 45) que ces difficultés sont liées principalement aux processus cognitifs d'accès au temps. Nous analyserons en premier lieu l'activité perceptive, ainsi que les obstacles qui lui sont associés. Nous présenterons ensuite les enjeux didactiques de la construction des formes de la temporalité. Enfin nous étudierons comment peut être mise en œuvre une co-construction du temps et de l'espace dans le contexte de confrontation au réel de terrain.

2.2.1 La perception du temps

Si l'on considère les travaux de Ricœur (1983), la question de la temporalité est une aporie. Cela viendrait principalement du fait que nous sommes incapables de « [faire] *directement l'expérience du temps* » (Pastor, 2010). Le temps que nous percevons n'est en fait qu'une construction qui s'opère face à « *un mouvement de l'espace et des objets* » (Pastor, 2010, p. 34). Notre rapport au temps est ainsi « *métaphorique* » : métaphore *spatiale* (le temps qui passe, la course du temps) ;

métaphore *linéaire* (le fil du temps, le cours du temps) ; métaphore *cyclique* (retour périodique des astres).

De ces métaphores, l'Homme a acquis un savoir lui permettant de percevoir le temps *indirectement* par l'intermédiaire d'objets concrétisant la *transformation de l'espace*, ou pour le dire autrement, le *mouvement*. C'est le mouvement dans l'espace qui permet de se faire une idée du temps. Mais nous avons dit plus haut en citant Bachelard (1963) que la perception du temps n'est en fait qu'une perception de *l'instant*, au sens de « *occurence* » survenant dans l'expérience vécue.

(Langevin, 1911)

Si le temps perçu n'est qu'une résultante d'une perception de l'instant, la définition que l'on tente de donner à l'activité perceptive du temps renvoie à une problématique centrée sur l'« *événement* » en tant que occurence de l'expérience vécue. Mais la question nous renvoie ensuite à une définition précise de l'événement. C'est ce que nous envisageons dans cette partie. Nous voici au cœur de notre questionnement : la reconstitution d'une histoire géologique sur le terrain nécessite que soient mis en évidence les indices laissés par des événements passés et permettant ainsi de construire une durée géologique, ce que l'on nomme habituellement « *temps géologiques* ». Ainsi mettre en évidence des indices, c'est préciser les *propriétés spatio-temporelles* qui permettent de les inclure dans une histoire ; c'est à dire ce qui fait que ces indices « existent ». Percevoir le temps serait donc une activité de *mise en évidence des indices* qui traduisent l'existence passée d'un *événement*.

La proximité entre temps et espace nous permet d'envisager comme le propose Langevin (1911), une définition centrée sur l'événement :

> « *On peut ainsi définir le temps par l'ensemble des événements qui se succèdent en un même point* [...] *et définir l'espace par l'ensemble des événements simultanés* » Langevin (1911, p. 5).

Le temps est donc intrinsèquement lié à l'espace. Construire du temps passe donc par une *organisation conceptuelle de l'espace*. La mesure du temps, que ce soit par l'intermédiaire d'instruments perfectionnés ou grâce à des modes de figuration symbolique, a recours en général à un cadre de référence qui est lui-même construit sur la perception spatiale : le sablier « montre » l'écoulement du sable, l'horloge « montre » le déplacement d'une aiguille sur un cadran. Nous « voyons » donc le temps au travers d'objets en mouvement ou bien censés le représenter : mais c'est bel et bien une construction conceptuelle qui s'opère en nous pour se faire une idée du temps qui passe.

Ce lien entre temps et espace nous amène à considérer que ce serait la conjonction de l'instant et du mouvement qui permettrait de construire le temps : ni l'instant ni le mouvement ne permettent d'accéder à eux seul au temps. Ainsi :

- ≻ un mouvement qui ne serait pas « jalonné » par un début et une fin (un instant) ne donne pas lieu à une perception temporelle. Il ne permet pas

d'accéder à la durée. Ce qui a comme conséquence qu'il est impossible de définir la durée d'un phénomène sans l'insérer dans un cadre de référence permettant une *datation*.

- ≻ un instant qui ne serait pas associé à un phénomène ne peut pas acquérir d'existence réelle, et donc ne peut pas s'inscrire dans les temps linéaires.

Il semblerait donc que ce soit la configuration de *l'instant* et du *mouvement* qui donne corps au temps. Pour utiliser un autre vocabulaire, que nous adopterons par la suite, nous considérons que *événement* et *action* sont les points de fixation de notre activité perceptive du temps. Nous montrerons ainsi dans cette partie que les obstacles liés au temps en géologie correspondent à une fixation de la pensée sur ces deux « acteurs » du réel.

Cependant, cette *construction spatiale du temps* est jonchée *d'obstacles* que l'on peut dès lors associer aux difficultés pour appréhender *les différentes échelles du réel*. Dans le cadre de la géologie, plusieurs études sur les obstacles épistémologiques liés au temps (Morange, 2003 ; Orange-Ravachol, 2005c, 2012 ; Crépin-Obert, 2010 ; Lhoste *et al.*, 2011 ; Orange-Ravachol, 2007 ; Orange-Ravachol et Triquet, 2007) ont montré chez les élèves une tendance à la construction de narrations qui prennent la forme de « *chroniques* ». Ces *chroniques* (appelées aussi *chronotropes*) sont des formes de récit premier dans lesquels les événements se succèdent le long des temps linéaires. L'articulation logique des événements y est absente. La construction de ces chronotropes nous renseigne sur le besoin semble-t-il d'organiser les événements autour de la *linéarité*. Les travaux de Orange-Ravachol (2012) ont montré cependant que cette approche est grandement insuffisante : la construction des savoirs dans le cadre de problèmes historiques (Orange-Ravachol, 2007) suppose que soient précisées les *nécessités* inhérentes aux événements. Les événements qui constituent l'histoire géologique répondraient ainsi à des *nécessités* qui permettent de rompre avec des scénarios « *ad hoc* », enfermés dans le chronologique.

Pour conclure cette partie où nous nous questionnons sur les problèmes de perception du temps, nous insistons sur le fait que, à l'image de ce que nous avions posé en partie 1.2 page 45, le temps ne se perçoit pas. Les objets en *mouvement* dans l'espace associé à la perception de *l'instant* nous permettent d'accéder indirectement au temps. La mise en œuvre du temps dans les reconstitutions historiques mobilisent ainsi des *événements,* impliqués dans une *action* principale, au cœur d'un récit. C'est donc la narration qui semble donner accès aux temps historiques. Mais cet accès nous parait être justement un des obstacles majeurs à la mise en œuvre des temps géologiques dans les reconstitutions historiques.

2.2.2 Les obstacles à la perception du temps

Nous avons déjà évoqué les obstacles associés à la perception du temps. Nous les présentons ici dans le détail, en nous focalisant sur les enjeux didactiques qu'ils

soulèvent.

Plusieurs obstacles épistémologiques liés à la perception du temps peuvent être définis :

L'obstacle « fixiste » : le temps est considéré comme sans valeur propre ; il est non orienté. Il n'est pas envisagé dans sa dimension irréversible. Il renvoie de ce fait aux formes *concrétisées* du temps que représentent les calendriers, les horloges. C'est un « temps qui passe » dans un monde uniforme : il est détaché du réel. Le fait que ce « temps passe » n'a pas de conséquence sur le monde réel : il produirait seulement quelques variations dans un monde uniforme. C'est la pensée de « *l'état stable* » qui empêche les élèves d'imaginer qu'un paysage géologique puisse avoir une histoire, c'est à dire soit qu'il soit engagé dans les temps linéaires, le long desquels des processus façonnent les objets géologiques. L'état stable pousse à considérer que tout a toujours été comme aujourd'hui, ce qui permet d'éviter de produire des explications (Orange et Orange, 2004).

> « *De la même façon, l'idée qu'une roche puisse avoir une histoire n'est pas évidente pour les élèves* (Goix, 1995) *; la question de l'origine d'une roche n'a pas nécessairement de sens pour eux* » (Orange et Orange, 2004, p. 31).

L'obstacle catastrophiste : à l'inverse du fixisme, le catastrophisme envisage le temps dans son irrégularité. Le temps se concentre dans des événements catastrophiques, durant lesquels une grande quantité de faits violents se produisent. C'est ce type d'obstacle qui est utilisé pour produire des phénomènes *ad hoc* de grande ampleur en géologie. Lorsque les temps longs ne sont pas mobilisés, les temps catastrophiques sont d'un grand intérêt : ils produisent dans des temps courts, « *resserrés* » (c'est-à-dire des temps à l'échelle humaine) ce qu'aucun phénomène actuel ne semble capable de produire.

Les temps « fixes » et « catastrophiques » semblent pouvoir s'associer facilement et alterner dans les narrations : c'est d'ailleurs un point sur lequel nous auront à réfléchir dans la partie suivante (3 page 173) : cette *boucle stabilité/changement* est constitutive des narrations. L'articulation des obstacles fixiste et catastrophiste conduirait ainsi à ce que nous pourrions nommer un obstacle « *péripéties* » qui représente cette alternance de phases de stabilité et de phases de changement. Dans la pensée évolutionniste, la théorie des « *équilibres ponctués* » de Gould et Eldregde (Gould, 2006, p. 1042), qui s'oppose au gradualisme admis dans la théorie synthétique de l'évolution, fait face à des critiques qui la désigne comme théorie « saltationniste ». De ce point de vue, les auteurs s'en défendent clairement (Gould, 2006, 1097). Mais nous pouvons voir dans cette polémique les germes d'un obstacle

épistémologique qui correspond à la difficulté de construire une histoire sans tomber dans le chronotrope ou la péripétie. Le chronotrope enferme dans le chronologique, la péripétie enferme dans le catastrophique.

L'obstacle temps courts : Comme nous avons pu l'aborder dans la partie 1.2 page 45, le temps court, associé en général au temps historique, est le temps de l'existence humaine. Il s'oppose aux temps longs d'un point de vue quantitatif, mais également au temps profond, « insondable » et an-historique. L'obstacle temps court ramène systématiquement la temporalité à celle de l'humanité. En mobilisant des temps « *concentrés* » sur de courtes périodes, cet obstacle répond à l'aporie des temps longs en les incluant dans l'histoire de l'humanité. C'est un peu comme si le temps ne pouvait exister en dehors de l'existence humaine. C'est là un obstacle majeur qui engage une nouvelle direction dans notre questionnement : construire une histoire géologique reviendrait alors à reconstituer le passé géologique en prenant comme modèle le récit historique. Nous montrerons en effet que la mise en récit constitue un obstacle important à la reconstitution historique du passé géologique. Quelle forme doit prendre dès lors la reconstitution d'une histoire géologique si ce n'est pas celle d'un récit ?

L'obstacle syncrétisme temporel : les difficultés de perception du temps peuvent conduire à la mise en œuvre d'un syncrétisme temporel qui consiste en un amalgame pratique de formes diverses de temps. La distinction de ces formes de temps étant mise de coté, le temps devient « magique » et répond à outes les problématiques. D'une façon triviale, nous pourrions désigner cette forme de temps sous la formule : « *avec du temps tout est possible* ». Le temps magique, en laissant faire les choses, peut donner naissance à l'ensemble du réel. Les temps longs mal conceptualisés peuvent devenir magique s'ils sont utilisés sans avoir recours à eux selon un mode de nécessité. Les temps longs dans les théories des géologues ont en effet le statut de nécessité, que n'ont pas les temps longs *ad hoc* qui relèvent d'une pensée magique.

L'obstacle temps causal : cet obstacle a été étudié en profondeur par les didacticiens de la physique, notamment dans leur analyse du « *Raisonnement Linéaire Causal*[28] » (Viennot, 1993 ; Viennot et Debru, 2003). Il repose sur deux constats qui sont faits quand à la façon dont les élèves mobilisent les modes de raisonnement en sciences. D'une part, ces raisonnements sont souvent construits autour d'une seule variable prépondérante, qui monopolise la causalité (raisonnement monocausal).

28. Nous abrègerons désormais le *Raisonnement Linéaire Causa*l en RLC

> D'autre part, on peut voir apparaitre dans ces raisonnements des formes de causalités construites sur la linéarité : des événements se succèdent, reliés par des « causes » qui relèvent principalement de la temporalité. Les connecteurs logiques sont remplacés par des connecteurs temporels : ensuite, alors, puis. Ces connecteurs temporels gardent, dans ce types de raisonnement une fonction abusive de connecteur logique et impose que les phénomènes étudiés (qui sont en général des processus synchrones) se produisent dans les temps linéaires.

Nous pouvons donc conclure que ce n'est pas la perception du temps en elle-même qui est un obstacle. L'approche didactique de cette question de la perception du temps nous conduit ainsi à montrer que ce sont les procédés *utiles*[29] pour palier les difficultés de perception du temps qui sont des obstacles. Ainsi, en imposant des temps courts humains à la géologie, les élèves qui font face à un problème historique écartent la dimension *nécessaire* des temps longs. De plus la pluralité des formes de temps ne va pas dans le sens d'une simplification des accès à la temporalité.

Mais dans la géologie, la question du temps ne se pose pas tant dans sa perception que dans sa construction. Et cette construction ne se fait pas seulement dans les formes d'abstraction attachées à la temporalité. Elle prend sens dans une exploration des objets dans leur contexte spatial. C'est là d'ailleurs la spécificité de la géologie que d'associer à une exploration spatiale, une exploration temporelle. Se pose donc la question de la co-construction du temps et de l'espace dans les activités de la géologie.

2.2.3 La co-construction du temps et de l'espace en géologie

Mobiliser le temps en géologie présente la spécificité de mettre en ouvre des problématiques spatiales. En effet, construire une histoire géologique, tout comme pour construire une histoire de l'humanité, suppose de rassembler des *indices* qui témoignent du passé. Nous devons cependant ici prendre de la distance avec l'histoire des humains, car les traces de leur passé ne sont pas directement comparables au traces géologiques. Nous devons donc ici montrer que c'est en grande partie l'*organisation spatiale* des objets géologiques qui permet de construire leur *organisation temporelle*.

Le travail de terrain en géologie consiste en grande partie en une transposition de relations spatiales en relations temporelles : en effet, le géologue de terrain a recours à quelques principes, relativement simples, mais fondamentaux qui permettent de préciser, à partir de l'organisation spatiale des terrains et objets géologiques, les modalités de leur mise en place. Nous prenons à titre d'exemple trois de ces principes, qui sont ceux couramment utilisés dans la géologie de terrain : (a)

29. Ils sont à rapprocher dès lors de l'obstacle « *pragmatisme* » de Bachelard.

Le principe de superposition ; (b) Le principe de recoupement ; (c) Le principe d'inclusion.

Le principe de superposition : C'est un des principes majeurs de la stratigraphie selon lequel, dans une superposition de terrains sédimentaire, celui situé sur le dessus est nécessairement plus récent que ceux situés en dessous (à la condition qu'aucun processus géologique ne soit venu modifier la position d'origine de ces terrains). Les conséquences d'un recours à un tel principe ne sont pas anodines. Dans le cadre théorique de son application, une telle superposition des terrains désigne une temporalité des objets géologiques considérés. Ce principe permet donc de transposer une organisation spatiale en une organisation temporelle. Ce qui se suit dans l'espace peut ainsi être déduit en « *ce qui se suit* » dans le temps. Un tel principe est donc d'une grande importance pour les situations de terrains où l'organisation spatiale devient dès lors un indice, ayant un fort potentiel informatif.

Le principe de recoupement : Ce principe désigne le fait qu'un objet ou une structure géologique qui en recoupe une autre lui est nécessairement postérieure. Ainsi une faille est nécessairement postérieure aux terrains qu'elle affecte. La temporalité de diverses limites entre objets géologiques, qui peuvent être plusieurs fois « recoupées » peuvent ainsi être déduites comme des événements géologiques qui se sont succédés dans un ordre précis.

Le principe d'inclusion : C'est un principe qui s'applique également très souvent en stratigraphie et en sédimentologie. Un objet géologique inclus dans un autre lui est nécessairement antérieur. Ainsi, un galet contenu dans un poudingue est nécessairement antérieur cette roche.

Nous remarquons que la mise en œuvre de ces principes ne peut se faire que dans un cadre excessivement contraint. Ils ne prennent du sens que dans ce cadre. Ainsi, le principe de superposition prend une toute autre forme quand il est mis en œuvre dans le cadre de la tectonique. Cela signifie que la construction spatiale des objets géologiques en relation avec les phénomènes géologiques qui leur ont donné naissance (ce que nous avons défini par « *approche phénoménologique* ») dépend très fortement du cadre théorique dans lequel ces phénomènes sont pensés.

La co-construction de l'espace et du temps en géologie de terrain suppose que soient mis en œuvre des principes méthodologiques dans un cadre théorique bien défini. La superposition des terrains géologiques ne peut ainsi être considérés comme indices d'une temporalité que dans un cadre phénoménologique qui donne une réalité temporelle à une actualité spatiale. Il semblerait donc que ce soit à ce niveau que réside l'enjeu principal des situations de terrain : construire la temporalité à partir d'une phénoménologie des objets géologiques de terrain.

Comment une telle temporalité peut-elle être mise en œuvre dans le cas de nos situations de terrain ? Comment, à partir de traces de terrain, construites comme des indices géologiques porteurs de sens, passer des objets géologiques (organisation spatiale) à des événements géologiques (organisation temporelle) ?

Ces questionnements nous conduisent à rechercher les enjeux didactiques de la construction de la temporalité dans les situations de terrain.

2.2.4 Les enjeux didactiques de la construction de la temporalité

Nos analyses des implications didactiques de la perception des temps en géologie nous conduisent ici à la question cruciale qui se pose dans les reconstitutions historiques : la *construction de la temporalité*. Nous nous appuyons ici sur des travaux de didactique de l'histoire-géographie afin de montrer que c'est la *diversité des formes de temps* qui posent problème aux élèves (Allieu-Mary, 2010). Ces travaux montrent non seulement les difficultés des élèves ainsi que les obstacles auxquels ils doivent faire face dans leur approche des temps historiques mais également les contraintes auxquelles sont soumis les enseignants de cette discipline. Des travaux didactiques menés sur les coutumes pédagogiques observées dans le prise en charge du temps nous permettent de comprendre de quelle manière se mettent en place des représentations naïves de la méthodologie des historiens. Pour cela, nous envisageons en premier lieu de présenter les difficultés habituelles rencontrées par les élèves dans leur construction des temps historiques ; nous réfléchirons ensuite aux dispositifs didactiques que les enseignants mettent en place avec leurs élèves et que les didacticiens de l'histoire ont analysés dans le cadre d'une épistémologie des temps historiques.

2.2.4.1 Les difficultés à construire l'histoire et la durée

Les difficultés que nous étudions ici sont celles que peuvent rencontrer des adolescents pour qui le « *temps de soi* » est normalement acquis. Il est en général admis que la petite enfance est un moment de confusion des formes de temps et qu'il faut attendre l'âge de l'adolescence pour que soit stabilisée la conscience du temps au travers de la conscience de l'être. La psychologie s'accordent sur ce point pour dire que c'est à l'adolescence que ce temps du soi permet d'accéder à *« une maîtrise du temps »* (Fraisse, 1967). C'est le sentiment d'identité qui permet d'accéder à la continuité du soi dans le temps :

> « *Le sentiment d'identité se fonde sur la perception de la similitude avec soi-même et la certitude de la continuité de soi dans le temps*[...]. *Être un et le même à travers le temps, l'être en soi, pour soi et pour autrui :*

> *c'est là le sens de l'identité personnelle que l'adolescent construit. Mais il n'y parvient qu'en saisissant par la pensée la non-contradiction absolue de l'identique et du différent dans l'expérience de soi et du monde. L'adolescent peut alors rapporter le passé au présent suivant une démarche qui suppose en premier lieu reconnaissance et ensuite répudiation ou assimilation de ce qui n'est plus ; et il va de la même manière rapporter le présent à l'avenir, à ce qui n'est pas encore, mais qui adviendra* » (Rodriguez-Tomé et Bariaud, 1987, p. 56).

Dans leur confrontation aux temps historiques, les élèves butent contre deux composantes principales du temps : la *relation d'ordre* (antériorité, postériorité, simultanéité) et la *composante métrique* (comparaison des durées). De plus, leur centration sur l'« *événementiel* », fortement stimulée par une culture du catastrophique et de l'impressionnant, s'oppose à la pensée de la durée : elle produit de *l'actualité* (au sens d' « *événement médiatisé* ») et sur-estime le pouvoir des *faits*, considérés comme *« le »* mode d'accès à la vérité et à la réalité. Cette approche empiriste du temps, que nourrit une telle centration sur l'événement, est à rapprocher semble-t-il de la *pensée catastrophiste* mise en évidence par Orange-Ravachol (2003, 2005c) et identifiée comme faisant obstacle à la mise en œuvre de *l'actualisme*. Enfin, des travaux de didacticiens de l'histoire ont montré la tendance des élèves à recourir à des formes de *dilatation/contraction du temps* dans leur construction de la durée : des faits ponctuels peuvent être exagérément *« étalés »* dans le temps pour produire une épaisseur au temps et construire ainsi de la durée. C'est une façon pour les élèves de *produire de la durée* à partir d'un événement ponctuel. A l'inverse, certains phénomènes qui se produisent sur de longues périodes de temps peuvent être parfois « *contractés* » pour être ramenés sur des temps courts. Ces phénomènes peuvent même « atteindre » le statut d'événements ponctuels. C'est le cas en géologie par exemple de « *la sortie des eaux* » qui est considérée le plus souvent par les élèves comme un « *instant crucial* » à partir duquel des « sortes d'amphibiens » ont pris pied sur terre (Lecointre, 2009a). Ce dernier exemple montre que la pensée événementielle conduit à *se passer de la durée* et donc à nier l'histoire dans son épaisseur. Nous aurons l'occasion d'analyser l'impact d'un tel obstacle sur la nécessité de la mobilisation des temps longs géologiques.

La multiplicité des formes du temps est également difficilement appréhendée et conduit souvent à une pensée syncrétique du temps(Allieu-Mary, 2010). Le travail des historiens est ainsi mal compris des élèves qui accèdent difficilement aux méthodologies adaptées à ses formes de temps variées : classement des événements, évaluation de leur densité, organisation des séries/réseaux de causalités, rythmicité des phénomènes, emboitement /chevauchement, etc. A cela s'ajoute s'ajoute la difficulté de *périodisation* qui, en empêchant l'organisation de l'histoire en blocs (thématiques, chronologiques, ...) fait obstacle à la construction des temps longs.

Enfin, et c'est là le problème principale qui se pose aux élèves dans leur reconstitution de l'histoire, l'approche chronologique limite voire bloque totalement l'accès à une causalité exigeante dans le traitement des événements de l'histoire. L'articulation des événements se fait davantage sur des formes de causalité narrative naïve construites sur l'enchainement d'événements désignés au mieux comme « dépendants » sinon comme disjoints. Cet enchainement se met en place le plus souvent sous l'influence d'une *causalité temporelle* dans laquelle la simple succession remplace la véritable causalité(Allieu-Mary, 2010). *L'antériorité* est mobilisée mais elle n'est pas questionnée : elle intervient dans une sorte de pragmatisme causal qui suppose implicitement que les causes sont antérieures aux effets et recherche uniquement les liens causes/conséquences. Ce pragmatisme n'ouvre pas à une véritable recherche historienne, qui mobilise le principe d'antériorité en remontant des conséquences vers les causes (Veyne, 1971). Mais les difficultés qu'ont les élèves à mobiliser des formes de causalités évoluées tient aussi à la prédominance d'une pensée analogique non contrôlée. Lors des transferts vers le passé, les analogies engagent des formes de substitutions dans lesquelles le présent, envoyé dans le passé, se substitue à lui et, en quelque sorte joue son rôle dans l'histoire. La non maitrise de l'analogie comme outil méthodologique conduit à une simple reproduction du présent dans le passé : sans questionner les conditions qui permettent de faire ce « bond en arrière », l'analogie tend à uniformiser l'histoire dans un éternel présent qui se déroule le long des temps linéaires.

2.2.4.2 Construire la temporalité

Les différents travaux qui ont été menés, tant en didactique de l'histoire (Allieu-Mary, 2010 ; Lautier et Allieu-Mary, 2012) qu'en didactique des Sciences de la Terre (Orange et Orange, 2004 ; Orange-Ravachol et Béorchia, 2007 ; Orange-Ravachol, 2007 ; Orange-Ravachol et Triquet, 2007 ; Orange-Ravachol, 2005c ; Orange et Orange-Ravachol, 2013), sur la compréhension des difficultés des élèves dans la mise en œuvre de la temporalité, montrent que les pratiques coutumières dans l'enseignement conduisent souvent, sinon systématiquement, à de *« pauvres procédures d'historicisation »* (Allieu-Mary, 2010). L'histoire scolaire se construit sur un double a priori, profondément ancré, de l'*histoire chronologique* et de la *continuité historique*.

L'histoire chronologique s'appuie sur un « *sens intuitif de la durée* » et pousse à faire ressembler les reconstitutions historiques aux petites histoires de l'existence. Cette approche mène à des versions peu construites de l'histoire, dans lesquelles le temps est peu sollicité. Or il semble bien que ce soit là l'enjeu principal : c'est l'histoire qui fait le temps, et non l'inverse. Comme nous avons pu le dire plus haut, le temps émerge de nos histoires sur le monde. Sans notre capacité à mémoriser les événements du passé et à les inscrire ainsi dans un « temps vécu », il n'existerait

aucun temps. Nous n'avons accès au temps cosmique qu'au travers de ces formes de temps humains que l'on reconstruit à partir des événements vécus.

D'autre part, la pensée de la *continuité de l'histoire* fait obstacle à une approche questionnée des événements du passé. En considérant que *« tout fait histoire »*, que tous les événements du passé peuvent être rassemblés dans une chronologie rigoureuse et constituer ainsi l'histoire, le *continuisme* mène à une pensée de l'histoire comme *déjà écrite* et qu'il s'agit de retrouver en comblant les espaces vides d'événements. Or l'histoire est bien davantage un questionnement sur ce qui, dans le passé, fait ou ne fait pas histoire. Elle n'est pas une échelle dont il faut reconstruire les barreaux, et qui conduirait vers un présent synonyme de progrès.

Ce « *paradigme pédagogique* » de l'ordre chronologique et de la continuité temporelle est solidement installé dans les pratiques enseignantes. Il semble issu d'une épistémologie de l'École méthodique qui entre « *en résonance avec les finalités sociales d'un enseignement qui est aussi celui d'une chronologie orientée par le progrès* » (Allieu-Mary, 2010, p. 95). Cette dimension de l'histoire « *dirigée* » nous montre là l'obstacle édifié par une sur-estimation de la valeur portée au directionnalisme dans l'histoire. Si la construction de l'histoire doit répondre à la contrainte de linéarité du temps, elle ne doit cependant pas s'y soumettre entièrement. Les temps linéaires de l'histoire constituent non seulement un cadre méthodologique au sein duquel il est possible de problématiser les événements, mais ils représentent également le *temps social*, celui dans lequel se produisent les partages d'une histoire commune de l'humanité, engagé dans un « *destin historique* ». Il faut peut être voir dans cette histoire partagée l'origine de l'influence d'une pensée commune de l'histoire avec laquelle il est difficile de rompre pour entrer dans une construction historique qui réponde à la rationalité. Dès lors, il semble difficile pour les enseignants de sortir d'une forme communément admise de texte historique faisant consensus : la « *vulgate* ». Ce type de texte, enfermé dans les contraintes d'un savoir stabilisé, écarte le questionnement scientifique sur l'histoire : ce questionnement renverrait à un savoir non-stabilisé et emprunt de soupçons idéologiques.

Si nous re-positionnons notre analyse dans le cadre de l'histoire géologique, la prise en compte de ces obstacles à la construction de la temporalité suppose de problématiser les phénomènes autour des trois objets « manipulables » de l'histoire : la *chronologie*, la *période* et *l'événement*. Cette problématisation conduirait ainsi à rompre avec le fil du temps. En évitant un travail sur le soi-disant « *sens intuitif de la durée* », la construction de la temporalité s'écarterait ainsi de la vulgate et mettrait de coté les mythes sur la méthodologie de l'histoire :

- *Le mythe de la continuité historique* qui considère que l'histoire est un tout bien rempli qu'il s'agit de retrouver en remplissant les espaces temporels vides avec des événements.

- *Le mythe de l'« histoire vraie »* selon laquelle, en s'approchant au plus près des faits, on parviendrait à reconstituer ce qui s'est réellement passé. La recherche de la preuve devient ainsi une recherche de la vérité.
- *Le mythe méthodologique de la chronologie* qui, avec la continuité temporelle, impose une histoire construite sur une succession de dates bien ordonnées, garante d'une soi-disante rigueur historienne.
- *La vision téléologique* constitue un cadre méthodologique fort de l'histoire en guidant une recherche vers ce qui doit advenir. Cette centration sur les conséquences conduit le travail de l'« élève-historien » à une lecture systématique de l'histoire dans son cours normal, c'est-à-dire dans le sens de déroulement des temps linéaires.
- *La diachronie logique dominante* : en se focalisant sur une histoire construite entre un *avant* et un *après*, la logique se construit sur une diachronie « allant de soi » qui agit comme une méthodologie *ad hoc* de traitement des événements posés comme non-synchrones. Les causalités temporelles mobilisées dans ces diachronies conduisent à un glissement sémantique qui, au lieu de remonter le temps à la recherche des causes des événements, descendent le cours du temps depuis le passé dans des pseudo-anticipations du futur, déjà contenues dans le présent. C'est une forme de logique racontée, comme si le « *re-raconté* » donnait sa rigueur à l'histoire.

Ce détour par la didactique de l'histoire nous permet de comprendre les enjeux de la temporalité dans une discipline qui, à plusieurs points de vue, mobilise des problèmes proches de ceux rencontrés en géologie historique. Nous avons ainsi pu mettre en évidence que la construction des temps géologiques suppose de prendre en charge les obstacles de *chronologie* et de *continuité*. Il s'agit surtout de quitter l'ordre du temps en renonçant aux *narrations premières* et à la *continuité temporelle*. Une approche historienne pourrait ainsi se mettre en place, qui privilégierait la démarche rétrodictive (Veyne, 1971).

2.2.4.3 Construire l'intra-temporalité et l'historialité

Une telle approche de la construction de l'histoire nous conduit à une focalisation sur deux axes méthodologiques importants et complémentaires à l'origine des objets manipulables de l'histoire (chronologie/période/événement) : l'*intra-temporalité* et l'*historialité*.

L'intra-temporalité : elle consiste en une insertion des objets dans les temps linéaires. Elle permet de préciser une « *actualité* » spatio-temporelle des occurrences du monde. Chaque occurrence ne peut en effet prétendre à faire partie de l'histoire qu'en se positionnant sur un axe des temps. L'intra-temporalité suppose donc une « *databilité* » des occurrences, qu'elle soit *absolue* (datation par rapport à une référence absolue prise

comme repère conventionnel : An 0 pour l'Histoire de l'Humanité, BP —Before Present—pour l'histoire géologique[30]) ou *relative* (datation produite par mise en relation de plusieurs occurrences).

L'historialité : elle représente le fait que les événements se succèdent dans un certain ordre temporel a priori qui en constitue une première forme d'histoire, mais qui pourrait bien n'être qu'apparente. En effet, l'historialité peut se transformer en « *ce qui semble faire histoire* », qui l'est peut être, mais n'en a pas les éléments de rationalité que l'on pourrait en attendre dans une reconstitution rigoureuse. En ce sens, si l'historialité ne se complète pas d'une *rétrodiction* qui procède à la recherche les raisons d'exister des occurrences de l'histoire, cette dernière ne se construit que sur le « chronologique—continu ».

Intra-temporalité et *historialité* représentent donc deux modes d'accès à l'histoire par mise en œuvre de la temporalité. Si elles s'avèrent nécessaires, ces deux approches méthodologiques n'en sont pas pour autant suffisantes. L'histoire se construit en effet sur une organisation des occurrences qui produisent des événements cohérents entre eux. La cohérence de ces événements suppose qu'une *rétrodiction* soit engagée, à la recherche de leurs conditions de possibilité.

Construire la temporalité revient donc à la mettre à l'épreuve de la recherche de cohérence entre événements. En première approche, cette recherche nécessite la mise en place d'une intra-temporalité (qui se fonde principalement sur la databilité des occurrences du monde) et d'une historialité (qui se fonde sur la capacité de ces occurrences à faire histoire). Mais cela suppose de déconstruire l'idée première du chronologique comme cadre fondamental de l'histoire, et l'idée première du continuisme qui impose une histoire complète et exhaustive. La prise en compte de ces obstacles et difficultés permet d'envisager la construction de la temporalité géologique au travers d'une recherche des conditions de possibilité des événements qui repose sur une causalité évoluée.

Comment la médiation géologique peut-elle engager l'intra-temporalité et l'historialité en tenant compte des obstacles et difficultés que représentent le chronologisme et le continuisme ? Conjointement, comment la recherche des conditions de possibilité des événements parvient-elle à se construire au travers de cette articulation intra-temporalité/historialité ?

Conclusion

La question de la perception du temps est une aporétique. Le temps n'est qu'une construction indirectement édifiée à partir de la conception d'un espace en

30. BP : Locution utilisée pour désigner les âges en nombre d'années décomptées en remontant vers le passé depuis l'année 1950, prise comme référence conventionnelle.

mouvement. C'est donc l'action qui donne son sens au temps. Cela revient à dire que ce qui est perçu dans le temps, c'est l'instant : il est appréhendé au travers du mouvement qui se produit dans l'espace, à un instant donné, servant de repère temporel. Mais alors comment une géologie de terrain, constituée d'objets statiques pour la plupart, peut-elle faire le lien entre mouvements dans l'espace et temps géologiques ? Et dans quel contexte cette *« mise en mouvement »* pourrait-elle prendre naissance ?

Les obstacles à la perception du temps trouvent en partie leur origine dans la perception de l'espace. Mais c'est autour de l'articulation fixisme/catastrophisme que se situent les obstacles les plus prégnants. Le fixisme enferme dans un monde stable ; le catastrophisme considère des phases de changements brutaux pour expliquer les transformations de notre monde naturel. Et il semblerait que l'alternance stabilité/changement nourrisse assez systématiquement la construction de petites histoires *ad hoc*, qui expliquent de façon ambiguë les « *transformations d'un monde stable* ». Dans quelle mesure la construction des temps géologiques peut-elle se faire en tenant compte de cette articulation fixisme/catastrophisme qui fait obstacle ? Et l'usage des temps cycliques n'a-t-il pas tendance à engager justement une telle alternance stabilité/changement qui fait obstacle à la pensée évolutionniste ?

Les temps longs, difficilement conceptualisable par l'esprit humain, sont souvent substitués par les temps courts de l'histoire des Hommes, ce qui enferme dans des temporalités inefficaces pour expliquer les processus géologiques lents. Cependant, les temps courts ne sont pas seulement des temps quantitatifs « insuffisants » pour les processus géologiques ; ils ont aussi une affinité forte avec les temps historiques. L'usage des temps courts ne pourrait-il pas, de ce point de vue, servir d'appui à une construction des temps longs ? Les temps ne seraient-ils pas assimilables à des temps courts dilatés, ou étendus le long des temps linéaires ?

L'enjeu majeur reste donc, dans ces situations, de construire une temporalité évoluée, qui ne soit pas une temporalité immédiate, de sens commun, mais qui permette de construire l'histoire géologique sur des fondations rationnelles : fonctionnalisme phénoménologique qui produit les indices de terrain, temps longs constructeurs de phénomènes non-actuels, antériorité/nécessité à l'origine d'une rationalité historique. De cette histoire émergent les temps linéaires de l'histoire de l'humanité, seule forme d'une temporalité perceptible au travers des événements.

Mais un nouvel obstacle se présente dans cette émergence des temps linéaires : le *continuisme chronologique*. Il impose la recherche d'une histoire bien faite et bien pleine au détriment d'une véritable *recherche rétrodictive historique*. Comment mettre en œuvre cette démarche historique, qui se fait par rétrodiction des événements, en prenant en compte d'une part, l'obstacle lié au « temps cyclique » (= obstacle stabilité/changement) et d'autre part l'obstacle lié au temps linéaire (obstacle continuisme chronologique) ?

Nous émettons l'hypothèse que c'est par la co-construction du temps et de l'espace que se met en place une véritable démarche historique. La géologie est la science qui, à partir de l'espace, construit du temps. Les principes de la stratigraphie sont emblématiques de la façon dont les géologues inventent les temps longs au travers de la configuration de l'espace. Cette construction de la temporalité géologique passe par une insertion dans les temps (intra-temporalité) et une organisation directionnelle des événements (historialité) qui conduit à mettre en évidence les conditions de possibilité des événements. C'est ce que nous désignons par « démarche historique ».

Comment cette démarche se met-elle en place ? En quoi répond-elle aux exigences de la géologie de terrain ? Quelle place prend-elle par rapport au recours à l'actualisme qui permet lui aussi de « remonter le temps » ? Dans quelle mesure la rétrodiction permet-elle d'aller au-delà des possibilités de l'actualisme ?

2.3 ALLER AU-DELÀ DES POSSIBILITÉS DE L'ACTUALISME : LA DÉMARCHE HISTORIQUE

La démarche historique s'impose comme nécessaire pour aller au-delà de ce qu'est capable de faire l'actualisme. Nous souhaitons montrer ici les limites de l'actualisme et son incapacité à construire une véritable histoire géologique. Nous serons ainsi amenés à comprendre en quoi l'actualisme, poussé le plus loin possible dans ses capacités à explorer la causalité et le temps, permet tout au plus de construire une « modélisation historique » dont nous analyserons les limites. Nous montrerons ensuite que l'histoire se construit avant tout par mise en œuvre du principe d'antériorité. C'est ce principe qui donne à l'histoire sa direction. Et c'est de ce principe que nait la cohérence des événements entre eux. La mise en œuvre de l'antériorité est au service de la causalité qui est mise en œuvre dans une nécessaire narration des temps géologiques.

2.3.1 Les limites de l'actualisme

Du fait de ses affinités avec le fonctionnalisme, l'actualisme parvient vite à ses limites dès lors qu'il s'agit de reconstituer une histoire. Car l'histoire ne peut se construire uniquement sur la mise en œuvre d'un principe qui produit des phénomènes (soit par analogie, soit par nécessité des temps longs). Il s'agit ici de montrer les divers limites de l'actualisme auxquels les géologues, mais pas seulement, se confrontent. Une fois posées ces limites, nous engageons notre hypothèse d'une démarche historique de terrain.

2.3.1.1 Limites épistémologiques et limites méthodologiques

Il est possible d'envisager deux limites atteinte par l'actualisme : (a) une limite qui est liée directement à ses caractéristiques épistémologiques et (b) une limite qui provient des difficultés de sa mise en œuvre dans le contexte de temps longs.

Une limite épistémologique

Jusqu'où faire fonctionner l'actualisme ? Peut-il être mis en œuvre dans toutes les questionnements que traite la géologie ? L'actualisme a-t-il un portée universelle ?

Dans la mesure où l'on peut considérer que l'actualisme est un *méta-principe de causalité* (il dit à quelles conditions il est possible de transposer les causes actuelles vers le passé), il vient en tension avec la contingence. En effet, en ouvrant à l'utilisation de la causalité, l'actualisme construit des phénomènes, par analogie ou par nécessité de temps longs. Comme nous l'avons dit, mettre en évidence un

phénomène repose sur sa caractéristique de « *répétabilité* ». Si un phénomène peut être produit après avoir été anticipé, c'est qu'il est en fait « *reproductible* ». Nous avons défini cette caractéristique par l'idée que c'est l'*insertion dans les temps cycliques* qui confère aux phénomènes cette « *reproductibilité* ». A l'inverse, nous avons défini les *événements* comme uniques, non reproductibles, insérés dans les *temps linéaires*.

En conséquence, nous considérons que la reconstitution de l'histoire géologique par construction d'événements se fait selon deux modalités possibles :

- l'une mobilise l'actualisme afin de construire des phénomènes. Ces phénomènes sont ensuite insérés dans la temporalité afin de devenir des événements géologiques. De génériques, les phénomènes deviennent singuliers dans le temps et l'espace : ils sont devenus des événements. Nous désignons ce processus : *« construction phénoménologique de l'événement »*.
- les limites de l'actualisme étant atteintes, les phénomènes ne peuvent être construits. Aucune causalité actuelle ne semble pouvoir donner accès à l'explication : ce cas de figure est bien représenté par le problème de l'apparition de la vie sur Terre. Il n'est pas possible de considérer ce moment important de l'histoire de la Terre comme un phénomène : l'apparition de la vie sur Terre n'est pas un phénomène reproductible, même si quelques expériences ont tenté d'en reproduire les conditions physico-chimiques. L'apparition de la vie sur Terre est donc un événement géologique (Orange-Ravachol, 2012). Dans un tel contexte l'événement est devenu nécessaire. Nous désignons ce processus : « *construction historique de l'événement* ».

Ainsi, le recours à l'actualisme est limité par sa mise en œuvre phénoménologique : utiliser l'actualisme c'est faire rejouer les phénomènes. Or les événements étant uniques « *ils ne se jouent qu'une fois* ». Tenter de les reproduire, c'est retomber systématiquement dans une recherche du phénomène.

Il semblerait donc que l'actualisme ne soit pas, selon cette conception, le meilleur outil pour penser les événements du passé. Cela vient du fait d'après nous, que la causalité est trop souvent enfermée dans le temps cyclique des phénomènes. Il y a en effet dans les temps cycliques une telle *puissance logique du possible*, que ce possible en devient une forme de la réalité. Son corollaire, l'impossible, n'existe que dans son contexte « *mécaniste* ». Le possible et l'impossible sont ainsi pensés selon une logique fonctionnaliste : tel phénomène est « fonctionnellement » possible ou non. Or, dans le cadre d'un problème historique, la production d'un événement ne dépend pas uniquement de son « *acceptabilité* » fonctionnaliste. Un événement ne se produit pas uniquement parce qu'il est possible. Il se produit car son existence s'actualise effectivement dans le réel sensible. Cet événement s'inscrit donc dans un cadre temporel comme un stigmate dans un cadre spatial. Le pouvoir d'actualisation d'un événement ne suit donc pas la même logique que le

phénomène. Il existe donc un limite importante à l'actualisme, qui est de nature épistémologique. Si l'on considère que sa mise en œuvre peut être envisagée pour construire des possibles « antérieurs » dans *un monde en évolution*, ce principe uniformitarien ne peut être universel. Cette limite, que nous reconnaissons comme assez subtile ne semble pas remettre en cause l'usage de l'actualisme.

Une limite méthodologique

Une autre forme de limite nous intéresse dans la mesure où elle relève de la méthodologie. Cette limite n'est pas intrinsèque à l'actualisme mais provient plutôt des difficultés de sa mise en œuvre. Cet aspect a été analysé par Orange-Ravachol (2012) qui a montré que les élèves de collège et de lycée, quand ils ont recours à l'actualisme, mettent en œuvre des formes naïves de l'analogie ou bien montre une incapacité à mobiliser les temps longs producteurs de phénomènes. A défaut d'utiliser un actualisme d'analogie exigeant, les élèves mobilisent des ressemblances superficielles et produisent ainsi « facilement » des généralisations. Dans la mesure où ces analogies naïves fonctionnent parfois (voire souvent) comme des théories ad hoc efficace pour produire des explications sur le passé, elles représentent un obstacle important à la pensée uniformitarienne. D'autre part, l'usage des temps magiques pour expliquer les phénomènes de temps longs empêche de construire l'histoire dans son épaisseur : la durée, laissée de coté, ne se construit pas sur des événements reconstitués à partir d'indices. Les temps longs ne sont pas mobilisés comme une nécessité. Au lieu de cela, les élèves ont tendance à prêter au temps des vertus « magiques ».

En conclusion nous insistons sur le fait que l'actualisme se met en place dans un cadre fonctionnaliste, ce qui le rend peu adapté à la mise en œuvre d'une démarche historique. Ses limites épistémologique et méthodologique font que, lors d'une reconstitution historique, l'actualisme devient inutilisable. Comment faire dès lors pour construire l'histoire géologique ? Si l'actualisme reste indispensable, comment faire pour aller plus loin que l'explication fonctionnaliste pour reconstituer l'histoire géologique ? Comment construire l'histoire par mise en œuvre de l'actualisme et insertion dans la temporalité / historialité ?

Comme nous l'avons déjà évoqué, il est nécessaire d'insérer les phénomènes dans un cadre spatio-temporel qui va les singulariser : c'est une façon de reconstituer « *ce qui s'est produit* » (événement) et de ne pas en rester au *« comment cela s'est produit* » (phénomène).

Le long de la linéarité des temps, le *possible* phénoménal vient en tension avec le *contingent* événementiel : les temps cycliques sont alors écartés. Le *directionnalisme* s'impose à l'histoire et modifie les règles de mise en œuvre de la causalité. Il s'agit donc maintenant de comprendre comment, dans ce *contexte directionnaliste* de l'histoire il est possible de penser une reconstitution des événements géologiques.

2.3.1.2 L'hypothèse d'une démarche historique

L'actualisme n'étant pas d'un usage évident, nous émettons l'hypothèse d'une *démarche historique* qui permettrait d'envisager l'histoire géologique avant tout dans sa dimension historique et non pas seulement dans sa dimension fonctionnaliste. Nous pensons en effet que l'actualisme pousse à enfermer les explications dans un fonctionnalisme dans lequel il suffirait d'injecter du temps pour engager une reconstitution historique. Or nous avons dit que le temps est en grande partie une *production de l'histoire. Ce n'est pas lui qui permet de construire l'histoire.* C'est parce que l'histoire se construit et qu'elle accède ainsi à une forme d'existence, que *le temps devient accessible* à l'humain. Sans histoire, l'humain ne peut percevoir le temps.

L'objectif est donc bien de construire l'histoire pour construire le temps, et non l'inverse.

Nous utiliserons donc les termes de « *Démarche historique*[31] » pour désigner la démarche qui consiste à construire une histoire au travers d'une méthodologie exigeante : *Fonctionnalisme phénoménologique* ; *Intra-temporalité/historialité* ; *Antériorité/nécessité*. Nous considérons ainsi qu'une telle démarche va au-delà de la portée de l'actualisme et peut seule conduire à une rationalité historique. Voyons comment elle peut être mise en œuvre.

Fonctionnalisme phénoménologique : Toute histoire géologique démarre sur la construction phénoménologique des traces de terrain. Cette construction comme nous l'avons dit suppose de construire les objets géologiques comme des traces du passé. Chaque objet géologique étant considéré comme la production d'un phénomène, une telle reconstitution conduit à proposer une explication fonctionnaliste à l'existence d'un tel objet. Dans cette étape, l'objet de terrain devient objet géologique : d'insignifiant il devient *trace*, porteuse de sens. La trace est donc un objet géologique construit dans un cadre défini et délimité. Le sens qui lui est donné n'a de valeur que dans ce cadre. Cette étape fondamentale mobilise l'actualisme d'analogie qui permet d'expliquer l'existence *hic et nunc* des objets dont l'origine est à rechercher dans le passé.

Intra-temporalité/historialité : Les phénomènes construits par l'actualisme conduisent à proposer des explications qui relèvent du possible logique. Or, le fait les traces de terrain aient une existence avérée, elles témoignent d'un événement accompli. Ces traces permettent donc de proposer des explications qui relèvent du possible ontologique : ces traces correspondent à des objets géologiques qui s'insèrent non seulement dans une temporalité (ils se sont

31. Nous réserverons ce terme de « *Démarche historique* » au cadre précis de mise en œuvre d'un problème historique (problématisation historique).

formés à un moment donné) mais s'inscrivent aussi dans une histoire (des objets les ont précédés, d'autres suivront). Cette deuxième étape qui inscrit les phénomènes dans le temps et l'histoire conduit à produire des événements géologiques. L'événement est ce qui se produit dans un *hic et nunc* du sujet pensant. L'actualisme permettant de penser ce *« hic et nunc »* dans le passé.

Antériorité/nécessité : l'insertion des phénomènes dans une temporalité ne conduit pas à la rationalité qu'exige l'histoire géologique telle que nous l'avons définie. Celle-ci ne peut se construire qu'au travers de relations de nécessité entre les événements. Nous avons précisé les contraintes liée à une telle construction : il s'agit d'une forme de causalité qui n'écarte pas la temporalité. Ainsi un événement nécessaire constitue une condition de possibilité d'un événement ultérieur. Il se construit donc par nécessité, grâce à une lecture rétrodictive de l'histoire. C'est donc cette « *nécessaire antériorité* » qui donne une direction à l'histoire. L'histoire est donc tout autre chose qu'une simple succession d'événements. L'histoire correspond à une organisation structurée d'événements qui établissent entre eux des liens de nécessité contraint par la temporalité.

La démarche historique s'articule autour de trois contraintes didactiques, que nous simplifions par le triptyque : *phénoménologie/temporalité/nécessité*. La prise en compte de ces trois contraintes conduit à la reconstitution d'une histoire géologique rationnelle, au sens où elle se construit sur des raisons clairement établies et mises en cohérences.

L'histoire construite selon une telle démarche est unique. Non seulement la complexité des phénomènes mis en jeu ne peut se représenter de nouveau, mais de plus, le temps sagittal contraignant les événements, l'histoire ne peut se répéter.

Cependant, la mise en œuvre de l'actualisme de temps longs constructeurs de phénomènes, du fait qu'il convoque la temporalité dans un modèle fonctionnaliste conduit à considérer qu'il serait possible d'envisager l'histoire avant qu'elle ne se soit produite. Cette forme d'*historicisme* représente un obstacle à la démarche historique dans la mesure où il joue le rôle d'un véritable « modèle historique ». Nous insistons donc sur ce point qui constitue selon nous un piège dans la mise en œuvre de la démarche historique, notamment dans le cadre des situations qui nous importent.

2.3.2 Le piège du modèle historisé : un obstacle à la construction d'une histoire contingente

La connaissance du cadre dans lequel se met en œuvre une histoire ne permet pas de *prédire* cette histoire. De ce point de vue, la connaissance du cadre théorique de la tectonique des plaques ne permet pas de prédire l'histoire des plaques lithosphériques

dans l'avenir. Nous souhaitons montrer ici le piège que représente une telle vision historiciste du modèle .

La théorie de la tectonique des plaques constitue un cadre théorique fonctionnaliste dans lequel les temps (nous avons évoqué à ce titre les temps longs, donc une forme de temps « *quantitatif* ») jouent un rôle fondamental. Or la mise en œuvre du modèle de tectonique des plaques dans les Alpes conduit à proposer des modèles « *régionalisées* », qui s'appliquent à un cadre spatio-temporel précis des Alpes, et au sein duquel un temps sagittal propre au modèle permet de le *« faire fonctionner* ». Prenons un exemple : la fermeture de l'océan alpin telle qu'elle est représentée dans la figure 2.3.1 page suivante. Ce type de représentation, assez courant en géologie est d'un grand intérêt pour montrer les étapes de processus complexes, en trois dimensions. Mais le temps qui permet de penser ce modèle est un temps interne au modèle, que l'on pourrait qualifier de méthodologique[32]. Il permet de penser le processus sur des temps longs. Sa fonction principale est donc de présenter les phénomènes, ici associés à la subduction alpine.

Même s'il est présenté comme « *historico-fonctionnaliste* » ce modèle est fondamentalement *fonctionnaliste* et ne peut en aucun cas raconter davantage que ce qu'il montre. Or, il semble tentant pour le sens commun de considérer qu'un tel modèle raconte une histoire. Mais l'absence totale de *contingence* dans la présentation des processus conduit à tuer l'histoire. *Sans contingence, la nécessité des événements ne peut se construire.*

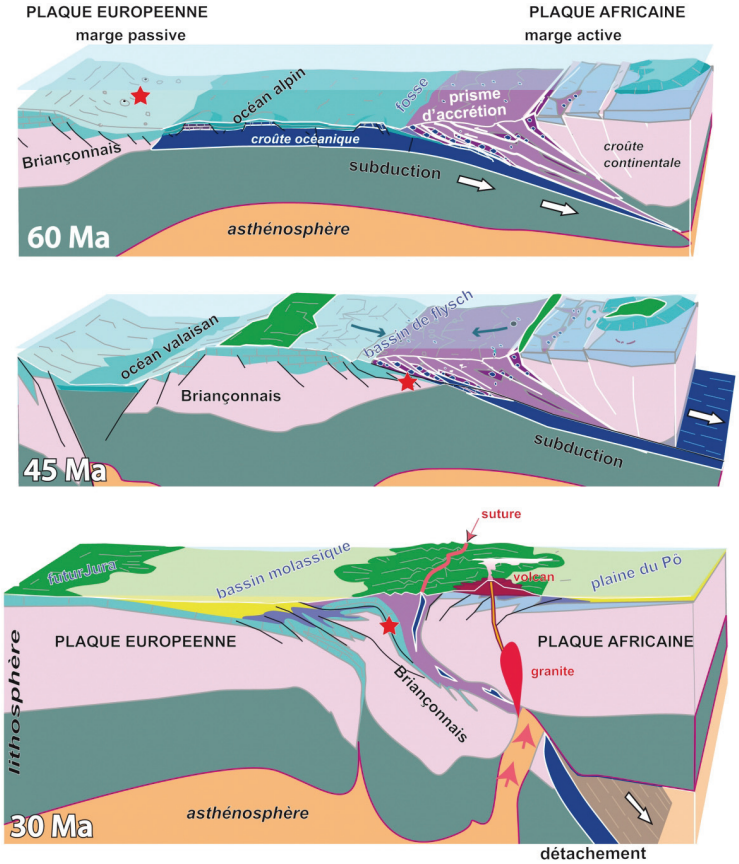
Les modèles en géologie représentent un outil indispensable pour penser les processus à l'origine des structures géologiques telles que les chaines de montagnes. Néanmoins, la temporalité qu'il mettent en œuvre ne relève pas de l'histoire, notamment parce qu'elle ne permet pas l'expression de la *contingence* des événements. Ainsi, le recours à de tels modèles ne peut se substituer à la reconstitution historique. Une démarche historique rigoureuse s'impose donc et oblige à aller au-delà des phénomènes géologiques afin de construire des événements nécessaire et contingents.

La démarche historique suppose de mettre en œuvre une chronologie évoluée, non spontanée, qui organise les événements dans un ordre qui impose une *direction* à l'histoire. Mais comment penser une telle chronologie évoluée ? Et quelle forme prend la causalité dans une telle mise en histoire ?

Nous sommes amenés dès lors à penser la reconstitution historique dans un cadre directionnaliste raisonné, qui ouvre à une chronologie évoluée.

32. En quelque sorte, c'est un temps fonctionnaliste : c'est une durée construite par le phénomène, mais ce n'est pas un temps sagittal, notamment parce qu'il n'est pas « *dirigé* » (selon les conceptions *directionnalistes* que nous avons évoquées plus haut).

FIGURE 2.3.1 – Modèle historico-fonctionnaliste « histoire de l'océan alpin »



(http://www.evolene-geologie.ch/data/images/22_collision_cont-contFRGrd.jpg)

2.3.3 La nécessité d'une « chronologie » évoluée

Le recours à l'antériorité pour organiser les phénomènes géologiques dans la temporalité permet de s'engager dans une forme de chronologie qui ne se construit pas seulement sur une simple succession. Nous montrons dans cette partie en quoi l'insertion des phénomènes dans la temporalité s'avère une nécessité « *historique* » pour la construction des événements géologiques. Nous explicitons les éléments de rationalité de cette construction historique des événements. Nous présentons en conclusion les obstacles qui font que la construction de l'histoire n'est pas intuitive et ne peut donc pas être spontanée.

2.3.3.1 Inscrire les phénomènes dans les temps linéaires : la construction des événements historiques

Reconstituer l'histoire géologique à partir des phénomènes suppose donc de procéder à un « *retour vers le singulier*[33] ». Alors que la démarche scientifique suppose a priori une prise de distance avec le particulier, nous voilà en train d'affirmer qu'il faut retomber dans le singulier. Mais ce singulier n'a rien à voir avec ce que l'on entend habituellement. Il s'agit ici d'introduire la dimension historique propre à chaque objet géologique, construit comme tel. C'est en quelques sorte un appui contrôlé sur l'empirie : il y a prise de conscience que dans chaque phénomène se cache un événement. Chaque fait du monde peut ainsi être construit comme phénomène, dans un souci d'explication fonctionnaliste, ou comme événement, dans un souci d'explication historique. De plus, dans une démarche historique, la séparation entre phénomène et événement n'a de sens que dans un cadre méthodologique.

Ainsi les phénomènes que tente de reconstituer la géologie fonctionnaliste repose sur une exploration de ce que l'on pourrait désigner par des « *possibles fonctionnalistes* » : il s'agit de savoir si un phénomène est fonctionnellement possible. Alors que dans le cas de la reconstitution des événements par la géologie historique, il y a exploration des « *possibles historiques* ». Ces possibles ne dépendent pas d'un mécanisme qui rend possible l'actualisation d'un événement. C'est le fait qu'il puisse s'insérer dans une temporalité qui est questionné ici.

Nous avons dit que le travail de terrain consiste principalement en un recueil d'indices. Ces indices ne prennent sens au regard de l'histoire et ne deviennent « *objet géologique* », que dans un cadre explicatif clairement défini. Chaque objet n'accède donc à une existence que dans la mesure où il est le produit d'un phénomène.

Si l'on considère que ce phénomène s'est produit dans un cadre spatio-temporel

33. Il s'agit de « *singulariser* » le phénomène : c'est le fait de transformer un phénomène en un événement. Dans cette transformation, le phénomène perd son statut générique et devient « *singulier* », au sens où il s'inscrit comme unique dans le temps et l'espace : il devient un événement singulier, irrémédiable et irréversible.

bien précis, nous pouvons l'insérer dans une histoire. C'est à dire le positionner le long des temps linéaires, entre un « *après* » ce qui le précède et un « *avant* » ce qui le suit. Les principes de la géologie que l'on a évoqués plus haut sont dès lors des principes fondamentaux, qui ont d'ailleurs tendance à être sous-estimés quant à leur capacité à mettre en œuvre une causalité historique. Le principe de superposition par exemple est le principe méthodologique par lequel la configuration spatiale des objets géologiques est transposée en configuration temporelle.

Ainsi, un travail de reconstitution des événements sédimentaires d'un site géologique précis repose sur l'analyse de la stratigraphie de ses affleurements. Il ne faut pas seulement considérer que la superposition est « *logique* » au regard des lois de la gravitation. Le principe de superposition a une portée temporelle qu'il ne faut pas négliger : il permet d'accéder à la *nécessité* et à *l'antériorité* des événements. Cette double raison d'exister pour les événements constitue une *configuration temporelle* qui impose une *antériorité nécessaire* : les terrains sous-jacents sont *nécessairement antérieurs*. Il nous semble que l'explicitation d'une telle nécessité temporelle relève d'une rationalité que l'on pourrait qualifier *d'historique* ; au sens où elle confère à l'histoire une *apodicticité*.

En conclusion nous insistons sur le fait que les événements géologiques ne sont pas des faits simplement perçus dans le monde sensible : ils sont des constructions exigeantes issues d'une phénoménologie contrôlée. Les phénomènes construits dans un cadre géologique bien délimité effectuent, au travers de la démarche historique, un « retour au singulier ». Ce retour au singulier, qui produit des événements uniques et irréversibles se fait par une double processus que nous avons nommé « intra-temporalité » et « historialité ».

L'*intra-temporalité* correspond à l'inscription des phénomènes dans le temps ; elle peut être définie par la *databilité* des phénomènes. En terme simple il s'agit d'inscrire le phénomène considéré dans un « calendrier géologique » : le géologue peut ainsi dire « *à tel moment en tel lieu s'est produit tel phénomène* ». C'est bien d'un *événement* dont il s'agit dorénavant.

Mais la simple insertion dans les temps géologiques ne suffit pas à construire un événement géologique. Cet événement n'acquière une existence que dans la mesure où il constitue un élément d'une suite ordonnée. Chaque événement historique peut être considéré comme le produit d'une chaine causale bien déterminée. Mais c'est aussi un composant de cette chaine causale qui conduirait à un événement ultérieur. Les événements sont donc à considérer non seulement comme *contingents* (il pourrait ne pas aboutir à l'extrémité de la chaine causale), mais également comme *nécessaires* (la remontée de la chaine causale permet de mettre en évidence des « événements condition de possibilité » qui contraignent le chemin suivi par la chaine causale. L'« *historialité* », représente la capacité des événements à s'insérer dans une succession ordonnée d'événements en cohérence les uns avec les autres.

La construction des événements géologiques selon la démarche historique suppose donc la mise en œuvre d'un double traitement des phénomènes géologiques : insertion dans le cours du temps (intra-temporalité) et insertion dans l'ordre du temps (historialité). Mais une fois l'événement considéré comme accompli, l'état du monde n'est plus le même. Et cela n'est pas sans importance sur la démarche historique qui remonte le long des « antériorités événementielles ».

Cette démarche historique construite sur le double processus d'insertion dans les temps géologiques confère aux événements une rationalité historique qui ne va pas de soi. Il convient donc d'apporter ici quelques précisions sur cet aspect important des connaissance historiques en géologie. Nous pourrons dès lors envisager que l'histoire géologique puisse se construire sur des événements ayant valeur de savoir apodictique.

2.3.3.2 Vers une construction rationnelle des événements géologiques

La portée d'une approche rationnelle de l'histoire est importante. Il n'est pas habituel d'associer la rationalité à l'histoire, du fait notamment que l'histoire est en général envisagée dans le cadre des sciences humaines, qui ne prétendent pas à une rationalité scientifique comme il est de coutume de le faire. Pourtant, il n'y a pas à douter, si l'on suit de nouveau Gould (in Cohen, 1994, en préface) sur ce point : il s'agit de raconter l'histoire des objets géologiques sans avoir peur de les mettre en scène. L'approche historique ayant du mal à s'écarter de son cadre anthropologique de référence, tente trop systématiquement de mobiliser des personnages humains pour construire des histoires. A l'inverse, les scénaristes de docu-fiction par exemple envisagent des mises en récit qui poussent l'anthropocentrisme à un tel degré que la science n'y ai plus véritablement discernable.

Nous proposons une approche différente, à la fois exigeante, au regard des conditions de mobilisation du temps dans l'histoire, et aussi, en partie détachée de l'habitude d'un fonctionnalisme comme seul mode de raisonnement scientifique.

Ainsi, par cette démarche que l'on a désigné par démarche historique, peut se mettre en place une vision directionnaliste de l'histoire, sans tomber dans un *chronologisme* ni un *continuisme* naïfs. Comprendre que l'histoire de la Terre et des êtres vivants est *cumulative* : elle accumule des faits, dont certains seulement laissent une trace dans le monde réel. C'est le travail d'actualisation du scientifique-enquêteur qui permet de reconstituer cette histoire à partir de ces traces, interprétées comme des indices.

La démarche historique constitue donc un cadre méthodologique au sein duquel l'enjeu majeur est de dresser une mise en concordance des événements qui ne s'en tienne pas, ni à un fonctionnalisme an-historique, ni à un chronologisme continuiste qui fabrique des petites histoires *ad hoc*.

Ainsi au travers d'une construction ordonnée et cohérente de la succession

des événements dans le temps et l'espace, l'histoire prend corps au sein d'un directionnalisme qui émerge de la chronologie. Ce directionnalisme doit être pensé dans un cadre évolutif contraignant et non pas dans un cadre finaliste naïf qui construirait une flèche du temps que l'histoire doit suivre. Cela impose donc au géologue/historien de recourir, dans son utilisation du principe d'antériorité, à une *causalité évoluée*, qui ne soit pas simplement fonctionnaliste. L'histoire géologique se mettant en place dans une narration, on doit trouver dans cette narration les éléments d'une causalité évoluée, qui prenne en charge à la fois les contraintes fonctionnalistes et les contraintes historiques. Il s'agit alors, pour le médiateur de terrain de mettre en œuvre des nécessités fonctionnalistes et des nécessités historiques .

2.3.3.3 Les obstacles du couple changement / stabilité : chronotropisme, continuisme et catastrophisme

Il semblerait que la démarche historique doive faire face à plusieurs obstacles, que nous avons évoqué seulement et que nous souhaitons analyser davantage ici. C'est au travers d'une articulation *changement/stabilité* que ces obstacles se construisent. En effet, après les nombreux éléments épistémologiques que nous avons pu avancer plus haut, nous pouvons mettre en évidence deux pôles qui canalisent des approches immédiates : (a) le principe de *continuité chronologique* et (b) la *pensée catastrophiste*.

La continuité chronologique De nombreux travaux de didactique des sciences ont été menés sur les difficultés et les obstacles liés à la mise en histoire. La conception d'une histoire se déroule très souvent de façon continue, exhaustive dans une succession bien ficelée d'événements jugés dignes d'intérêt (Orange-Ravachol et Béorchia, 2007 ; Orange-Ravachol, 2012, 2007, 2005c, 2003, 2005a ; Dessart et Triquet, e, 2015, 2014 ; Orange-Ravachol et Triquet, 2007 ; Triquet et Bruguière, 2014). Ces travaux montrent que de ces approches immédiates, il ressort une histoire qui se veut officielle, que l'on rapproche de la vulgate déjà évoquée plus haut et qui adopte très souvent une structure chronotrope : les événements se succèdent, sans présenter de lien particulier (causalité, antériorité). L'histoire se construit comme une assertion, dans laquelle les possibles ne sont pas abordés, la contingence y règne sans nuance et sans explicitation, ce qui fait que tout ce qui n'y est pas impossible devient systématiquement possible, sans nuance. Il manque ainsi à ces approches une dimension exploratoire : le champ des possibles n'est pas considéré, ou plutôt il est volontairement mis de coté au bénéfice d'une recherche d'un « pseudo-savoir vrai ».

La pensée catastrophiste Le long parcours de la pensée catastrophiste que l'on a pu mettre en évidence dans notre étude épistémologique de la géologie

> nous montre les obstacles importants que les savants ont du surmonter pour rompre avec les anciennes pensées sur le monde. De ce point de vue, cela nous guide sur les points d'ancrage de ces difficultés dans la confrontation aux savoirs de la géologie historique. La pensée catastrophiste se nourrit du changement, surtout le changement brutal. Il n'y a pas que le Déluge biblique qui guide cette pensée : c'est en fait la vision *événementielle* de l'existence qui semble trouver un appui dans le catastrophisme. La perception du temps étant fortement dépendante, nous l'avons dit, de la perception de l'instant, nous faisons l'hypothèse d'un lien fort entre instant et événement. L'événement est d'autant plus important dans le cours des choses qu'il en est un jalon déterminant. Comme l'instant, l'événement s'ancre dans la linéarité du temps par l'intermédiaire de la *date*. Mais l'événement possède un statut supplémentaire que n'a pas l'instant : une *conséquence*. L'événement est pensé dans sa capacité à changer le monde. Après que l'événement se soit produit, le monde a changé, il n'est plus le même. Nous voyons donc que, dans cette approche de l'histoire, l'événement enferme dans une linéarité et une direction. Chaque événement semble se présenter comme un point de non-retour de l'histoire, un peu comme si chaque événement était une marche vers un progrès de l'histoire. Car le finalisme n'est jamais bien loin du directionnalisme : l'histoire catastrophiste alimente également des visions téléologiques du monde dans lequel les humains sont attirés vers leur destin.

Nous pensons que la prise en compte de ces obstacles passe principalement par le recours à une *causalité exigeante*, qui articule rationnellement fonctionnalisme et historicisme. Cette causalité doit pouvoir être opérationnelle dans un contexte narratif. Cela nous conduit donc à questionner le *récit* qui est susceptible d'être mis en œuvre pour reconstituer une histoire géologique.

Mais reconstituer l'histoire géologique est bien plus que la mise en œuvre d'une chronologie. Elle est organisée, dirigée. Elle ne se limite pas à une succession continue d'événements. Mais elle n'est pas non plus centrée sur les événements saillant d'une histoire catastrophique. Elle montre donc le besoin d'une causalité exigeante, qui mette en relation les événements au delà de la simple juxtaposition.

2.3.4 Construire l'histoire : nécessité d'une causalité narrative évoluée

Notre objectif est ici de détailler les caractéristiques d'une causalité narrative « évoluée » au sens où elle se détache de la causalité fonctionnaliste sans perdre pour autant sa rationalité. Car il ne suffit pas de substituer une sorte de causalité temporelle à une causalité mécaniste. Il s'agit plutôt de considérer que le caractère de *nécessité,* fondement de la rationalité des raisonnements mobilisés ici, doit s'engager

dans une *mise en récit*. On rappelle ici le besoin pour la géologie historique de se construire sur des *narrations* (Gould, 1989) et non sur des protocoles qui empruntent systématiquement et de façon trop caricaturale à la démarche expérimentale.

Mais nous savons également que l'on prête en général aux récits « *des arrière-pensées, des conclusions spécieuses, de la préméditation* » (Bruner, 2002, p. 9). Nous voulons justement sortir de cette coutume qui veut à tout prix que le récit soit juste une fantaisie non-scientifique au sein de laquelle se développent les interprétations subjectives d'un narrateur « *qui ne sait pas sur quel pied danser* » (Bruner, 2002, p. 9). Il s'agit ici véritablement de s'opposer à l'idée première que ces préméditations, ces arrière-pensées sont ce qui distingue les histoires d'un coté et la logique et la science de l'autre coté (Bruner, 2002, p. 9). Nous voyons donc maintenant la nécessité d'explorer dans le détail les *modalités de mise en récit* qui peuvent répondre à des *exigences de causalité* qui soient à la hauteur des enjeux de la reconstitution historique. Nous devons donc avant toute chose préciser en quoi consiste cette causalité qui doit concilier un raisonnement fonctionnaliste avec une reconstitution historique. Nous désignerons dorénavant par « *causalité narrative* » cette forme de raisonnement dont nous cherchons à mettre en évidence le caractère « *hybride* ».

2.3.4.1 Antériorité, cause, nécessité

Les didacticiens de la physique ont beaucoup travaillé sur l'antériorité et la cause dans le raisonnement des élèves(Viennot, 1993 ; Viennot et Debru, 2003). Le *Raisonnement Linéaire Causal* est ainsi décrit comme un obstacle important de la physique : il correspond à un syncrétisme temps/cause qui pousse les élèves à utiliser les successions temporelles comme règles de causalité. Le travail des phénomènes synchrones, très fréquent en physique, souffre donc de ces approches premières et peu questionnées quant à l'utilisation des connecteurs logiques dans les explicitations.

La prise en compte d'un tel obstacle dans les raisonnements de la géologie reste un incontournable : quand elle mobilise des explications fonctionnalistes, la géologie s'appuie fortement sur des modèles mécanistes qui nécessitent une approche synchrone de la causalité. Cependant, dès lors que la reconstitution historique convoque les temps linéaires, le travail de la synchronicité s'efface et laisse la place à une approche de la diachronie des objets géologiques qui est fondamentale de la démarche historique.

Il s'agit donc pour le géologue qui reconstitue une histoire géologique, de mobiliser l'antériorité dans une causalité d'un nouveau type. Mais, comme nous avons pu le dire plus haut, cette recherche de l'antériorité ne se limite pas à un « *rembobinage* » simple vers le passé afin de trouver l'origine d'un événement. Selon nous, l'idée que l'origine d'un événement se trouve dans un « *avant* » relève de la pensée immédiate.

C'est une pâle copie de la recherche véritable de la nécessité temporelle.

Nous avons besoin, pour analyser cette articulation problématique du temps et de la cause de rappeler les caractéristiques de la causalité kantienne (Kant, 2006) et notamment sur l'analyse qui en a été faite par Debru (in Viennot et Debru, 2003, pp. 57-75). Ces conceptions rejoignent celles que nous avons avancées dans notre approche du concept de *possible logique*. La philosophie kantienne considère que *l'antériorité* est intimement liée à l'expérience, que Kant associe à la perception. Le *nécessaire*, lui, relève de la logique : il est conceptuel. Il en résulte que l'expérience qu'un individu a de la causalité se présente sous la forme d'un *changement*. C'est le *changement*, dans le monde sensible, qui signale à l'observateur, que quelque chose s'est produit. C'est au travers de ce changement qu'il y a dissociation entre l'univers de l'empirie et celui de l'imaginaire.

Nous faisons ici le lien avec le modèle de problématisation que nous avons présenté plus haut et nous focalisons notre attention sur l'idée que la *causalité* correspond à une *conceptualisation des changements* qui se produisent dans le monde. Il y a cause quand quelque chose s'est produit. Cela exclut les situations où des phénomènes pourraient se produire sans cause. Et cela permet d'imaginer également une articulation entre *stabilité* et *changement*. La cause serait ainsi ce qui survient dans un monde stable et engage une transformation qui produit un effet. La causalité correspond ainsi au concept qui permet de remonter de l'effet à la cause, au travers d'un changement considéré « à rebours », c'est-à-dire en procédant par une lecture en sens inverse du temps linéaire.

Mais nous voyons ici apparaitre la limites de nos considérations sur le temps linéaire : nous avons expliqué dans les parties 1.2 page 45 et 2.2 page 138 que le temps n'est pas perceptible. Les temps linéaires ne sont qu'une émergence de notre esprit capable de percevoir des instants ponctuels du monde sensible. Ce ne sont donc pas véritablement les temps linéaires qui sont « *remontés* » dans cette lecture à l'envers : ce sont bel et bien les *phénomènes* qui se produisent dans l'empirie. Notre rapport au temps semble donc directement conditionné par une « *phénoménologie des événements* ». Les événements qui se produisent dans l'empirie, que l'on peut considérer comme des faits accomplis dans l'espace et dans le temps, semblent irrémédiablement construit dans une *phénoménologie*. Il n'y a donc pas d'événements premiers : les événements sont avant tout des phénomènes. Les faits du monde sont avant tout construits comme des phénomènes, des « *épures* » permettant d'en comprendre les traits principaux et les plus pertinents à une compréhension immédiate. Leur traitement par une pensée scientifique suit un même parcours initial mais rompt avec cette phénoménologie première par mise en tension avec le registre théorique.

2.3.4.2 L'antériorité comme principe structurant : la nécessité historique

Nous avons pu montrer que l'actualisme était un principe fort de la géologie. Dans la mesure où il en structure les concepts, il est considéré comme « *principe structurant* » (Orange-Ravachol et Beorchia, 2011 ; Orange-Ravachol, 2012, 2005a). Mais sa mise en œuvre reste très attachée à des problématisations fonctionnalistes : même lorsqu'il mobilise des temps longs, il engage des explications mécanistes qui donnent peu d'importance à la variable temps. Le temps est en quelque sorte une variable qui « *préside* » au déroulement des phénomènes ; il n'est donc pas mobilisé comme une nécessité historique, et dans ce sens, il ne répond pas aux exigences d'une apodicticité historique que nous avons définies plus haut. Cela signifie également que les temps linéaires ne sont pas engagés dans la mise en tension des registres, si ce n'est sous la forme — quantitative — d'« *une nécessité de temps longs* ».

Nous souhaitons donc aller plus loin dans l'analyse de l'implication du temps dans la problématisation historique. Nous envisageons notamment de montrer que la nécessité de temps longs répond seulement à une *nécessité quantitative*. Ces temps longs répondent en effet à la contrainte imposée par la lenteur des phénomènes géologiques : ils fournissent ce qui manque à ces phénomènes : la « *durée* ». Or, une fois considérés ces temps longs comme constructeurs de phénomènes géologiques, la reconstitution de leur déroulement dans le temps (c'est-à-dire leur configuration en tant qu'événements accomplis dans l'actuel) nécessite qu'ils soient *ordonnés* dans les temps linéaires. Cela dépasse de loin les possibilités des explications fonctionnalistes. Il semble donc que la nécessité des temps longs doivent laisser la place à une *nécessité historique*, fondée sur *l'antériorité*, et jouant le rôle de principe structurant dans les problèmes historiques.

Mais une des difficultés majeures qui peuvent être rencontrées dans la confrontation avec des problèmes historiques est qu'ils ne sont jamais « purement » historiques : les explications que l'on construit dans ces situations dépendent toujours d'un cadre phénoménologique, et aucun événement ne peut « naître » d'une simple perception. Et si les événements se construisent nécessairement sur une phénoménologie, cela signifie que chaque événement est rattaché à un cadre fonctionnaliste : pour le dire avec les termes de Orange-Ravachol (2012) les événements sont rattachés à « *une classe de phénomènes* ». La causalité engagée dans les explications de ces phénomènes tend à mobiliser une forme de temps qualitatif, qui semble donner une direction historique aux phénomènes. Il est ainsi possible de « raconter » un phénomène dans le temps : c'est une sorte d'histoire racontée à partir du modèle qui se met en place. De ce point de vue, la théories de la tectonique des plaques est une grande pourvoyeuse de « *modèles de récit fonctionnalistes* », ce que Orange-Ravachol (2007, 2012) désigne par des mises en histoire chez les élèves de lycée. Il y a là un obstacle que nous désignons par « *historialité fonctionnaliste* » qui

correspond à la mise en histoire d'un modèle fonctionnaliste. C'est en quelque sorte une « *phénoménologie historique* » qui considère que l'histoire peut être pré-écrite dans un modèle et servir de cadre de référence à une phénoménologie, mais que nous considérons dans un tel contexte comme naïve. Elle conduit surtout selon nous à un usage non-questionné d'un registre explicatif qui se pose dès lors comme un « *registre historique* » et qui joue un rôle « *prescriptif* » sur l'histoire à raconter. Ainsi, l'enquête historique devient un travail encyclopédique qui consiste en une recherche des indices déjà construits et rassemblés dans un recueil d'archives constituant une histoire déjà écrite. Cette approche désignée comme « *historiciste* » et critiquée par Popper (1956) nous permet de comprendre les risques de tomber dans une vision modélisée de l'histoire. Ce risque est en fait celui d'une approche *téléologique* des événements du monde. En considérant que les événements se produisant dans le monde réel sont guidés par un déterminisme dirigeant leur accomplissement vers un but, fortement inspiré par l'idée de progrès, la pensée historiciste se détourne du *caractère fondamentalement contingent* de l'histoire. Et, de façon symétrique, la nécessité des événements perd sa valeur de contribution à la construction de l'apodicticité des savoirs ; la nécessité se présente dès lors comme une « *conséquence nécessaire* », imposée par un modèle historique finaliste.

Nous suivons donc entièrement Popper (1956) dans sa critique de l'historicisme et choisissons de nous appuyer sur une autre définition, récente, de l'historicisme ; définition qui précise un cadre méthodologique de construction de l'histoire dans un contexte de science historique (de Ricqlès & GayonHeams *et al.* in 2011a) :

> « *On entendra simplement ici par historicisme (en tant que répondant à fonctionnalisme et à structuralisme), toute explication causale enracinée dans la diachronie* » (de Ricqlès & Gayon in Heams *et al.*, 2011a, p. 148)

Nous souhaitons de la sorte enlever toute ambiguïté sur la façon de concevoir l'historicisme. Il s'agit avant tout de prendre en charge les problèmes historiques dans une conception de la *diachronie* dans l'existence des objets géologiques. Cela suppose donc de considérer le *principe structurant de l'antériorité* comme principe méthodologique des sciences historiques.

Cela nous renvoie aux considérations de la logique kantienne que nous avons déjà évoquées. Mais nous allons plus loin maintenant. La causalité selon Kant indique que :

> « *[...] puisqu'il y a quelque chose qui suit, il faut que je le rapporte à quelque chose en général qui précède et qu'il suit en vertu d'une règle, c'est à dire nécessairement, de telle sorte que l'événement, comme conditionné, indique sûrement une condition qui détermine cet événement* » (Kant, 2006, p. 188).

Le principe d'antériorité ici n'en est pas véritablement un : il est dépendant d'une

causalité imposée par une règle. C'est une causalité fonctionnaliste considérée dans sa dépendance au temps. Prenons un exemple : si l'on considère qu'il a plu en observant le sol humide, nous mobilisons une forme d'antériorité qui relie la cause possible (la pluie) à l'effet observé (le sol humide). Nous la considèrerons comme une *antériorité causale*. Mais si nous envisageons maintenant des événements géologiques qui n'ont pas de lien de causalités [34] mais qui se succèdent dans le temps, tels que dans l'exemple déjà évoqué d'un fossile présentant des déformations. Il est possible de reconstituer, en envisageant l'explication historique la plus simple, deux événements nécessaires : la formation du fossile, et sa déformation. Il n'y a pas, au sens strict de lien de causalité entre ces deux événements ; mais il est indéniable qu'ils sont liés. La déformation d'un fossile impose « *nécessairement* » l'existence antérieure de ce fossile. Ainsi l'événement « déformation du fossile » nécessite l'événement « formation du fossile » comme *antérieure*. La présence du fossile dans la roche qui subit la déformation est donc *nécessaire* à la présence de fossiles déformés dans cette roche. Mais la présence de fossile n'est en rien nécessaire à la déformation, qui peut avoir lieu indépendamment de la présence ou de l'absence de fossiles [35]. Le principe d'antériorité mobilisé ici est d'un autre ordre que le précédent : c'est une *antériorité historique*.

La mobilisation de ces formes d'antériorité est donc susceptible d'apporter une apodicticité aux explications historiques, dans la mesure où elles mettent en œuvre des *conditions de possibilités*. Il apparait ainsi qu'à la « *construction historique par insertion des phénomènes dans une intra-temporalité* » doit s'ajouter ce que nous désignons pas une « *historicité* » et qui correspond à la configuration des événements entre eux par établissement de leur inter-relations de nécessité.

De telles considérations sur l'articulation historialité/historicité nous conduisent donc à poser l'historialité comme une mise en histoire des événements, c'est-à-dire leur positionnement comme occurrences dans les temps linéaires. L'historicité quant à elle suppose que soient mises en œuvre les conditions de possibilité des événements au travers de leurs relations d'antériorité.

Conclusion

Il apparait ici que l'utilisation des temps longs supposent que soit mise en œuvre une véritable configuration des événements le long d'une temporalité. Plutôt que

34. Au sein du registre explicatif mobilisé. Dans un autre cadre, de tels événements pourraient prétendre à un lien de causalité.

35. Nous pouvons noter cependant que la connaissance d'une déformation peut s'avérer plus délicate du fait de l'absence d'indicateur d'un telle déformation. Une relation subtile peut dès lors se mettre en place dans le rapport que l'on développe aux connaissances sur cette déformation : elle dépend de notre capacité à la déterminer à partir d'indices géologiques. Nous retombons ici dans la confrontation des possibles, entre possible ontologique et possible (épistémo—)logique.

de voir les temps longs comme pré-disposés à accueillir une histoire géologique, nous envisageons que la construction de l'histoire géologique fait émerger un temps long historique différent du temps historique des humains. Il s'agit de ce point de vue de rompre avec la nécessité impérieuse pour l'humain de s'approprier un temps vécu. Accéder aux temps géologiques, c'est ainsi se donner la possibilité d'imaginer le temps cosmique en rupture avec le temps humain.

Nous faisons l'hypothèse que c'est dans l'histoire que l'humain se projette dans le temps, à la recherche de réponses à la question de l'existence du temps. C'est dans la narration que les événements donnent corps au passé et c'est dans leur configuration temporelle que ces événements produisent une histoire rationnelle. Nous envisageons dans la partie suivante (3 page 173) de préciser notre hypothèse en nous appuyant sur une approche épistémologique du récit. Mais avant cela nous devons faire le bilan de ce cadre didactique.

CONCLUSION

La construction du réel de terrain suppose de construire l'actuel : cela revient à mettre en place un registre empirique partagé autour duquel on se met d'accord sur ce qu'est le réel. L'approche, principalement descriptive conduit à la production d'indices, qui n'ont du sens que dans le cadre théorique que l'on s'est fixé pour les explorer.

Ces indices sont recueillis afin de répondre à un questionnement qui ne pré-existe pas mais qui doit être construit, le long d'une problématisation. Celle-ci produit des explications dans un cadre généralement fonctionnaliste, qui met en œuvre des phénomènes. Ce cadre de problématisation fait ressortir les *raisons d'exister des phénomènes* : le phénomène existe de part ses *conditions de possibilité*.

Cette approche fonctionnaliste est mise en place grâce à un principe méthodologique fort de la géologie : l'*actualisme*. Il mobilise les causes actuelles pour expliquer le passé. Ainsi, la recherche des conditions de possibilité mises en œuvre dans l'actuel peuvent s'appliquer au passé.

Mais la reconstitution d'une histoire géologique suppose également d'organiser des événements dans les temps géologiques. Les phénomènes doivent donc, dans le cadre d'une enquête de terrain, « évoluer » vers une singularité spatio-temporelle pour devenir des événements, qui se sont produits, et qui ne sont pas seulement des « possibles ».

L'insertion des phénomènes dans la temporalité impose donc de ne pas s'en tenir à une causalité fonctionnaliste. La démarche historique consiste dès lors à rechercher les *nécessités historiques* qui s'articulent aux nécessités fonctionnalistes. Reconstituer une histoire géologique repose donc sur le construction d'une narration dans laquelle est mise en œuvre, d'une part, une recherche des *causes fonctionna-*

listes à l'origine des phénomènes géologiques et, d'autre part, une recherche des *causes historiques*, à l'origine de l'insertion de ces phénomènes dans une « *actualité spatio-temporelle* » qui les fait devenir des événements. Par cette mise en jeu d'une causalité narrative évoluée, l'histoire géologique peut se construire sur une rationalité historiciste, qui s'appuie selon nous sur une forme fondamentalement *narrative*.

Les enjeux didactiques autour de la reconstitution d'un histoire géologique sont donc forts. Dans quelle mesure un médiateur de terrain, face à un public d'amateurs, peut-il relever le défi de les mettre en œuvre de façon rationnelle, tout en répondant aux contraintes de communication que son discours lui impose ?

C'est ce que nous allons pouvoir analyser dans une troisième partie de cadre théorique dans laquelle nous envisageons la dimension médiatique des situations que nous étudions.

Chapitre 3

LA MÉDIATION DES TEMPS GÉOLOGIQUES SUR LE TERRAIN : RÉCIT ET FICTION

Nous voilà au point où se croisent nos cadres : nous avons montré les raisons épistémologiques et didactiques qui imposent qu'une reconstitution de l'histoire géologique d'un géo-site se construise sur une *narration*. Il nous reste à montrer ici que la médiation qui se met en place dans les situations de terrain que nous étudions, réclame également la mise en œuvre d'une narration mais pour répondre à des enjeux qui sont différents, voire contradictoires avec ceux précédemment évoqués. Nous devons de ce fait préciser en quoi ces narrations répondent aux exigences *croisées,* non seulement de l'histoire géologique mais également de la médiation de terrain.

Nous verrons donc ici en quoi la médiation géologique de terrain mobilise le récit, considéré ici pour l'instant dans une acception très large. Nous présentons ainsi, dans un premier temps, les caractéristiques de la médiation lorsqu'elle est mise en œuvre « *sur le terrain* ». Dans un deuxième temps, nous précisons la définition du récit sur laquelle nous appuyons nos recherches. Dans une troisième nous évoquons les fonctions du récit dans la médiations des savoirs scientifiques. Enfin, nous concluons notre analyse en questionnant le rôle de la fiction dans les reconstitutions historiques.

3.1 DE LA MÉDIATION DES SCIENCES À LA MÉDIATION DE LA GÉOLOGIE DE TERRAIN

Les situations que nous étudions s'articulent autour de trois éléments majeurs qui en organisent le contexte : La *médiation* : qui suppose le recours à un média dans le cadre d'une forme de « *socio-diffusion des sciences* » sur laquelle Jacobi *et al.* (1990) ont porté leur attention. Elle utilise un langage qui emprunte en partie des terminologies scientifiques mais surtout développe des narrations, sur lesquelles nous focaliserons notre attention. Cette médiation est représentée par le médiateur (la personne produisant oralement un texte à destination de son public) et son discours (le texte énoncé par le médiateur). La *géologie* : qui représente le contenu disciplinaire mis en jeu dans cette communication. Le *terrain* : qui détermine le cadre spatial dans lequel se met en place la situation.

Dans la mesure où nous focalisons nos recherches sur les modalités de production du discours de médiation, nous avons délibérément écarté le public de nos analyses, tout du moins quant à son rôle en tant que destinataire de la médiation scientifique. Mais nous le considérons du point de vue des contraintes qu'il impose *a priori* au médiateur dans la production de son discours. Un tel choix nous permet, d'un point de vue théorique mais également méthodologique, de nous concentrer spécifiquement sur le *discours a priori* tel qu'il est produit par le médiateur sans tenir compte de ses interactions avec le public qui tendrait à le modifier lors de son énonciation. En ce sens, nous posons ici une hypothèse de travail importante : le discours du médiateur consiste selon nous en grande partie en une énonciation d'un texte prédéfini, que nous voulons explorer dans sa dimension à la fois épistémologique, didactique et médiatique. Nous aurons plus loin l'occasion de justifier précisément un tel choix (voir chapitre 5 page 315).

Revenons à notre cadre théorique : dans cette partie nous souhaitons préciser en quoi ces trois éléments qui représentent les trois axes majeurs de nos questionnements (Géologie/Médiation/Terrain) jouent un rôle fondamental dans la situation de médiation de terrain. Pour cela, nous envisageons l'analyse du discours de médiation, tout d'abord, en tant que *mode de socio-diffusion des sciences* (Jacobi, 1986, 1984a, 1999), ensuite du point de vue de la *diversité des formes* que prend ce type de communication. Cela nous conduira à montrer comment le médiateur mobilise des formes de *mise en récit*, sachant qu'il est amené — en principe — à s'inscrire dans une démarche historique qui nécessite le recours à la narration.

3.1.1 Le discours de médiation scientifique : un mode de socio-diffusion des sciences

L'un des enjeux majeurs des situations que nous étudions est celui qui repose sur le « *média* » utilisé afin de faire vivre la situation de terrain autour d'une socio-diffusion des sciences. Nous souhaitons montrer ici que le *mode discursif* mobilise des formes de communication spécifiques, aptes à mettre en œuvre des concepts scientifiques.

Dans cette première partie nous analysons le discours de médiation scientifique avant tout en tant qu'*activité verbale* entre un médiateur et un public. Nous allons pour cela définir ici précisément cette activité de *socio-diffusion des sciences* en la replaçant notamment dans son cadre historique et en présentant les différents *acteurs.* Nous montrons que ceux-ci s'engagent tacitement dans un *contrat de communication* dont nous précisons les éléments caractéristiques.

3.1.1.1 La socio-diffusion des sciences et son public

Avant même de réfléchir à la problématique d'une médiation de la géologie sur le terrain, nous avons à nous questionner ici de façon plus générale sur les modalités de la médiation des sciences. De nombreuses études [1] ont été menées, qui ont cherché à comprendre, à mesurer et à améliorer la compréhension par le public des problématiques scientifiques qui se posent dans la société.

Les modes de socio-diffusion des sciences

Sans chercher à remonter jusqu'à ses origines en Europe, nous savons que la volonté de communiquer les sciences s'est installée principalement en France et en Grande-Bretagne au cours du XVIIIème siècle. Il s'agissait alors de « l*égitimer l'approche scientifique aux yeux d'un public éclairé* » (Chavot et Masseran, 2012, p. 51). Mais ce sont surtout les mouvements de *culture populaire* qui ont dynamisé la communication des sciences à destination du public. Ainsi, dès le XIXème et surtout au XXème siècle, ces mouvements s'organisent et conduisent à la professionnalisation de la « *popularisation de la science* » (ou « *divulgation de la science* » en Grande-Bretagne), qui tend à remplacer une « *science populaire, alors courante* » (Bensaude-Vincent, 2010, p. 19). En France, dans les années 60, c'est le terme de « *vulgarisation* », quoique chargé de connotations péjoratives

1. Le programme « *Optimizing Public Understanding of Science* » (OPUS) est un ensemble de recherches financées par la communauté européenne dans le cadre du 5ème PCRD – Improving Human Potential Program– qui a mobilisé six pays européens (France, Autriche, Portugal, Belgique, Grande-Bretagne, Suède). Ce programme consistait en un recensement des initiatives nationales ayant pour objectif de développer la compréhension publique des sciences et des technologies. (In Chavot et Masseran, 2012, p 51, en note de bas de page)

attachées au vulgaire, qui désigne cette forme de discours produit par des chercheurs et des universitaires. Cette pratique s'installe à ses débuts sous l'impulsion de l'Académie et de quelques physiciens qui cherchent là un moyen de « *publiciser* », de *« démocratiser »* la science (Caune, 2005). La CST (Culture Scientifique et Technique) se développent ainsi dans le début des années 70. Mais cette prise de fonction de l'Académie ressemble fort à une « *médecine de l'opinion* » (Bensaude-Vincent, 2013). Car l'objectif est davantage de contrôler la culture scientifique que de véritablement la diffuser. Il s'agit en effet d'informer le public sur les activités de la science, mais en aucun cas de lui laisser une place dans sa construction. Il existe d'ailleurs une réelle défiance institutionnelle vis à vis du public :

> « *La compréhension de la science par le public, qui deviendra une priorité politique du XXème siècle, n'est pas souhaitable, et semble même plutôt nuisible à l'avancement de la science* » (Bensaude-Vincent, 2013, p. 69)

Ajouté à cela, un certain nombre d'accidents techno-industriels viennent dégrader l'image idéalisée du progrès qu'offrent les pratiques techno-scientifiques (Chavot et Masseran, 2012). Avec les années 70-80, naît un réel besoin de lutter contre les préjugés envers la science [2]. Le discours change donc et se construit autour d'un nouveau postulat :

> « [...] *un citoyen mieux informé serait plus à même d'apprécier les opportunités offertes par les nouvelles technologies* » (Rapport Bodmer, in Chavot et Masseran, 2012, p. 53)

Dés lors, l'éducation aux sciences se renforce et entre véritablement dans le champ des valeurs culturelles fortes. Cette *« mise en culture de la science »* est portée notamment par Lévy-Leblond qui joue un rôle clé dans la mise en relation, au niveau local, de la science et du public. C'est à cette époque que s'édifient en France les structures d'accueil du public telles que les CCSTI (Centres de la Culture, des Sciences, de la Technologie et de l'Industrie) à Paris mais aussi en province, et les grands musées de sciences tels que la Cité des Sciences et de l'Industrie de la Vilette [3].

Dans ces structures d'accueil du public, les sciences sont communiquées via un *media* qui prend dès lors des formes stéréotypées, relativement normées et codifiées, présentant souvent des connotations *péjoratives*, autour de ce qu'il est devenu courant d'appeler *« la vulgarisation scientifique »* (VS)(Bensaude-Vincent, 2010)(Jurdant, 1975 ; Jacobi, 1987b). En effet cette définition de la vulgarisation

2. Lois de 1982 sur la recherche et de 1984 sur l'enseignement (Chavot et Masseran, 2012, p. 52)

3. D'autres, plus anciens seront rénovés : Museum National d'Histoire Naturelle (1994), Musée des Arts et Métiers (2000)(Chavot et Masseran, 2012, p 54), et tout récemment le Musée de l'Homme.

« *n'est pas neutre* » comme le dit Bensaude-Vincent (2010, p. 19), car elle désigne « *une figure bien précise du public* » le *vulgus* : « *la foule indistincte, anonyme, plutôt que le peuple souverain qui vote* » (Bensaude-Vincent, 2010, p. 19). Cette science vulgarisée ne s'adresse pas à des amateurs éclairés, mais plutôt à un public « *défini pas un manque* »(Stengers et Bensaude-Vincent, 2003, p. 404) : Il faut informer un public qui ne sait pas ce que sont les contenus ni les méthodes de la science ! Le vulgarisateur doit « *traduire la science pour la rendre accessible à l'homme de la rue* » (in Jacobi, 1986, p. 16), autrement dit : « *Parler la science dans la langue de tous les jours* » (Jacobi, 1986, p. 16). Quelque soient les modes de communication utilisés, la vulgarisation se construirait ainsi sur une sorte de *traduction* de la science, par l'intermédiaire de procédés de *reformulation* censés faciliter la compréhension par le public (Jacobi, 1986 ; 1987b ; 1988). Cette vision de la vulgarisation scientifique a été amplement analysée par Jacobi (1986) qui, dans son regard critique, lui trouve cependant des fondements et des justifications.

Une de ces justifications serait que la position *intermédiaire* du vulgarisateur, entre le monde scientifique et le monde de la rue, lui confèrerait une place dite de « *troisième homme* » (Jacobi, 1986, p. 16). Ce rôle d'intermédiaire serait ainsi la condition *sine qua non* d'un dialogue entre ces deux univers. La science ne pourrait alors plus se cacher derrière un vocabulaire inutilement compliqué. Les reformulations dévoileraient ainsi la simplicité qui réside dans la science mais qui reste habituellement, voire même volontairement (Barbichon, 1973 ; Maldidier, 1973), cachée par des *terminologues savants*. Le fossé qui sépare les deux univers se retrouve ainsi alibi et mobile : le travail de vulgarisation, pris en charge le plus souvent par les *chercheurs* eux-mêmes, est destiné alors à combler un *« gap »* entre la science et le public. Mais se faisant, ce chercheur-vulgarisateur entretient, par son discours justement, l'idée que le scientifique en sait plus. Les « *sapientes* » faisant l'effort de communiquer la science mettent ainsi l'accent sur les carences du public en la matière. C'est une particularité que l'on retrouve dans le terme même de « *vulgarisation* » : « *la langue française consacre un terme qui semble rabaisser ce qu'il désigne* »(Bensaude-Vincent, 2013, p. 87). Ce mode de communication permettrait donc d'informer, d'instruire un public ignare, ou tout du moins mal renseigné, sur les questions de science. Ce « *deficit model* » qui a connu ses grandes heures dans les années 70 (Irwin, 2001), « *a largement polarisé les études de médiation des sciences autour des déficits de connaissances des non-spécialistes* » (Molinatti, 2010, p. 201). Les auteurs qui ont travaillé sur l'efficacité de la vulgarisation scientifique (Jurdant, 1970, 1973, 1975 ; Roqueplo, 1974 ; Maldidier, 1973) ont montré que les effets imprévus de la VS s'opposent en générale à ceux qu'elle prétend atteindre. Bref, selon ces auteurs *« la VS ne parvient pas à diffuser le savoir, elle trompe ou dupe le public, elle renforce les inégalités culturelles* » (in Jacobi, 1986, p. 18).

C'est peut être pour ces raisons que le terme actuel de « *médiation* » est préféré

à celui de vulgarisation :

> « *La notion de médiation scientifique efface la connotation péjorative qui s'attache au terme «* vulgarisation *» et fait disparaître toute trace d'altération ou de dégradation du discours scientifique au cours du processus de communication* » (Bensaude-Vincent, 2013, p. 89, c'est nous qui soulignons).

Le terme de médiation n'écarte pas le postulat selon lequel un *fossé* existe entre science et public et qu'un médiateur tente de combler (Bensaude-Vincent, 2013, p 89) : ce « *deficit model* » que nous avons déjà évoqué, est théorisé par les anglo-saxons qui mettent l'accent sur le *manque de connaissances* du public. La médiation ouvre quant à elle la possibilité qu'un changement de mode de la communication se fasse entre la science et son public.

Ainsi, ces nouvelles formes de communication de la science fleurissent en ce XXIe siècle et évoluent vers un monde où naissent de nouvelles préoccupations concernant l'environnement, la santé, la procréation, le bien-être animal, l'intelligence artificielle... bref, un ensemble de questions souvent polémiques, désignées sous le terme de « *questions scientifiques socialement vives* » — SSI (Socio-Scientific Issues) dans les pays anglo-saxons [4]—.

Ce que nous désignerons désormais par *médiation* correspond donc à cette ensemble de formes de socio-diffusion des sciences, que l'on ne peut délibérément pas enfermer dans une catégorie restreinte à celle de la vulgarisation, mais qui, dans la pratique, s'en inspire cependant fortement. De ce point de vue, nous empruntons à Jacobi l'idée que la socio-diffusion des sciences (et notamment la vulgarisation) ne se construit pas par *rupture* entre le discours scientifique d'un côté et le discours de vulgarisation de l'autre (Charaudeau, 2008, p. 19) mais plutôt qu'il existe une *continuité* entre le monde scientifique et l'espace public (Jacobi, 1986).

Nous devons montrer maintenant en quoi cette médiation se construit autour d'un « *discours* », et que ce discours se met en œuvre d'une activité « verbale ».

Une médiation verbal : le discours

Parmi les divers médias utilisés dans ces situations, un forme plus particulièrement nous intéresse : le discours dans sa dimension *verbale*. Il correspond à des situations de médiation fréquemment mises en œuvre, dans lesquelles un *médiateur* produit un discours à *l'oral*. Même s'il a recours à d'autres formes de média, c'est bel et bien le *discours verbal* qui constitue le support majeur à sa communication.

4. La médiation scientifique ne joue désormais plus le même rôle (auparavant très « informatif ») : elle engage le public dans des prises de position citoyenne. L'enjeu de telle médiation n'est délibérément plus les connaissances scientifiques, mais plutôt ce que ces connaissances permettent en terme de prise de décision.

Si l'on s'en tient à la définition qui en ai donnée par le CNRTL [5], le discours est un « *développement oratoire sur un thème déterminé, conduit d'une manière méthodique, adressé à un auditoire* ». Mais il est possible également de le considérer comme des « *Paroles adressées à une ou plusieurs personnes* » [6]. D'un point de vue plus linguistique, il est une « *actualisation du langage par un sujet parlant* ». Enfin, en logique, c'est un *« mode de pensée qui atteint son objet par une suite d'énoncés organisés »*. Et par métonymie : il est un « *exposé de la pensée ainsi conduite,* [un] *raisonnement* » [7]. Ce que nous retenons comme définition opératoire pour nos situations est la *dimension verbale* du discours. Même si celui-ci peut être écrit, il conserve toujours ce rapport direct avec l'oralité. C'est à dire que même écrit, un discours est destiné avant tout à être prononcé devant un public. Mais il se caractérise également par des énoncés variés, qui en révèlent un mode de pensée, un raisonnement, une volonté de persuader. Enfin, le discours existe selon le contexte de son actualisation (ce que nous considérons comme « situation ») : ce contexte détermine un ensemble « *hors-texte* » (« *hors-discours* ») qui influence fortement, à la fois l'énoncé, sa réception par le public et son énonciation par le médiateur.

Nos recherches portent donc non seulement sur le discours dans sa dimension verbale, en tant que « *actualisation du langage* », mais également en tant que *texte produit (verbalement)* au cours d'une énonciation « *in situ* ». Ainsi, c'est bien le processus précis de « *mise en discours* » qui nous intéresse. C'est à ce niveau spécifique que se situe le choix de notre objet d'étude : le passage du texte au discours au moyen de trois acteurs principaux engagés dans la médiation :

Un médiateur qui produit le discours

Un contexte représenté par une situation, qui pour nous est une situation de socio-diffusion de la science « sur le terrain »

Un public qui réceptionne ce discours

Chacun de ces trois éléments impose une forme au discours. Il est dès lors possible de préciser ces formes variées que peut prendre le discours de médiation.

3.1.1.2 Une variété de discours : discours scientifique, discours didactique, discours médiatique

Dans cette analyse des situations de « *socio-diffusion de la science* » qui nous intéressent, nous sommes amenés à considérer Charaudeau (2008) qui fait ressortir trois types de discours : *scientifique*, *didactique* et *médiatique*. Les différences que

5. Centre National de Ressources Textuelles et Lexicales (Site web : http://www.cnrtl.fr/definition/discours ; consulté en septembre 2018)
6. Ibid, sept 2018
7. Ibib, sept 2018

l'on peut faire entre ces types de discours dépendent en grande partie du contrat de communication qui s'y met en place mais également du rapport qu'établit le propos du médiateur avec la vérité. Nous montrons dans le tableau 3.1 en quoi chaque discours présente un rapport différent à la vérité.

TABLE 3.1 – Le rapport à la vérité des différents discours de communication scientifique

	Discours scientifiques	**Discours didactique**	**Discours médiatique**
Objectif de la situation de communication	Établir une vérité	Transmettre une vérité	Découvrir une vérité

Cette organisation en trois formes de discours ne doit pas être prise de façon figée car elle ne représente que des « *pôles* » correspondant à des situations typiques. En effet si l'on se réfère à Jacobi (1984, 1987a) [8], plutôt que des *types de discours*, en rupture les uns par rapports aux autres, cet auteur observe que ce sont les mêmes procédures langagières qui sont mises en œuvre au sein des différents discours. En cela, nous considérons, comme Jacobi (1984b, 1987b) qu'il existe un *continuum* entre ces diverses formes de discours :

> « *La thèse de la rupture postule une dissociation entre le champ scientifique et le grand public ; celle de continuité, au contraire, s'attache au fait que les procédés discursifs ou textuels en usage dans le champ scientifique ne diffèrent pas significativement de ceux de la vulgarisation ; les deux relèvent de l'interdiscursivité* » (Jacobi *et al.*, 1990, p. 86)

Ce « *continuum* » constitue donc une dimension importante de la médiation, que nous souhaitons explorer ici. Pour cela, nous prenons également appui sur la typologie de Charaudeau (2008) mais pour mieux repérer les jalons de ce *continuum* entre les différents discours. Ainsi, le discours scientifique n'existe pas en tant que tel dans la mesure où la très forte spécialisation des disciplines scientifiques conduit les chercheurs, quand ils prononcent un discours, à aménager certains aspects de leur propos afin de mieux se faire comprendre de leurs pairs, spécialistes également, mais dans d'autres domaines. Cette très forte spécialisation du chercheur dans un domaine d'étude le conduit donc à être *« non-expert dans presque tous les autres »* (Lévy-Leblond, 2001). En fait, nous pourrions aller jusqu'à dire que tout discours, même scientifique tend à se vulgariser pour mieux se faire comprendre.

D'autre part Charaudeau (2008) associe au discours de vulgarisation deux types de discours sur lesquels nous aurons l'occasion de revenir : le *discours didactique*

8. « [...] *il existe un continuum dans les pratiques de socio-diffusion de la science* » (Jacobi, 1987a, p 94)

et le *discours médiatique*. Mais il précise également qu'« *il n'y a pas de situation de communication propre au discours de vulgarisation, ou s'il y a situation de communication, ce sera toujours un hybride* » (Charaudeau, 2008, p. 17). Cette hybridation oblige donc à une analyse rigoureuse du contexte dans lequel elle est mise en œuvre : situation d'enseignement ou situation médiatique (Charaudeau, 2008, p. 17) ? En d'autres termes, un discours de vulgarisation ne permet pas de préciser la situation dans laquelle il se met en place. A l'inverse, une situation d'enseignement donne lieu en général à un discours de type didactique. Il est pourtant possible de repérer des éléments de discours de vulgarisation dans le cours d'un enseignant. Mais comme le dit Charaudeau (2008), cela ne fait pas pour autant de lui un vulgarisateur. Enfin, dans le cas des situations médiatiques, Charaudeau (2008) met l'accent sur un type de discours de vulgarisation particulier : le discours de « *médiatisation scientifique* ». Il se caractérise par sa double visée *d'information* et de *captation* et par la mobilisation des savoirs dans une perspective plus large, dont l'objectif est surtout éducatif, et non pas « *instructive* ». C'est donc principalement l'absence de visée instructive qui caractériserait le discours de médiatisation scientifique.

La distinction que Charaudeau (2008) fait entre ces formes de discours n'est pas toujours très nette. Cela montre probablement qu'une typologie du discours, dans ces situations de socio-diffusion des sciences, est illusoire, ou du moins difficile. Cela montre également que les frontières qui séparent ces discours sont floues. Plutôt que des ruptures nettes entre ces différents types, nous voyons là la confirmation d'un *continuum*, déjà évoqué avec Jacobi (1986) et qui rend bien compte d'une continuité de structures et de formes, depuis le discours scientifique jusqu'au discours médiatique.

Nous faisons le choix de suivre cette approche « *continuiste* » telle que la présente Jacobi (1986) dans la caractérisation des discours de socio-diffusion de la science. Cela nous conduit à ne pas chercher absolument à catégoriser le discours, mais plutôt à y trouver des invariants. Nous focaliserons pour cela notre travail sur le discours de médiation pris dans une acception volontairement large (voir tableau 3.2 page suivante).

Une fois cette typologie des discours posée, nous devons évoquer une dimension importante de la mise en place d'un discours dans nos situations de médiation : parler de sciences à un public suppose de la part du médiateur comme du public de s'engager dans un « *contrat de communication* ».

3.1.1.3 Contrat de communication

Si le discours de médiation est fortement dépendant des conditions de la situation de communication ainsi que des acteurs impliqués dans sa mise en œuvre, il importe d'envisager, comme le fait Charaudeau (2008), plusieurs formes de discours. Cela

TABLE 3.2 – Les discours de médiation scientifique sensu lato. D'après Charaudeau (2008).

Discours de médiation scientifique (sensu lato)			
Discours scientifique	Discours didactique	Discours médiatique (sensu stricto)	
Discours de vulgarisation			Discours de médiatisation

Le discours de vulgarisation se présente en général sous une forme hybride. Le discours de médiatisation se distingue du discours de médiation par deux éléments : sa visée d'information de type contradictoire et sa visée éducative plutôt qu'instructive.

suppose notamment que nous nous penchions sur les modalités d'un « contrat de communication » qui semble s'instaurer systématiquement dans les situations de communication. Après avoir caractérisé ce contrat, nous pourrons préciser la typologie des discours que nous avons envisagée.

La situation de communication est le siège d'un ensemble de « *contraintes psychosociales dont devront tenir compte les partenaires de l'échange langagier* » (Charaudeau, 2008, p. 12). Ces « *conventions* » s'avèrent nécessaires pour que les actes de langages soient considérés comme *valides*. Cela suppose également que communicant et public aient en commun un certain savoir, qu'ils *reconnaissent* mutuellement, et qui détermine à la fois des idées, mais aussi « *des contraintes relationnelles qui devraient leur permettre de reconnaitre le cadre situationnel dans lequel ils sont engagés* » (Charaudeau, 2008, p. 12).

Ainsi, le contrat de communication est ce qui relie le texte et le contexte, le dire et la situation de dire, conduisant ainsi la médiation à se construire autour d'un *savoir dire,* d'un *vouloir dire,* et d'un *pouvoir dire*(Charaudeau, 2008, p. 12) :

Le savoir dire : relève de la compétence du médiateur à maitriser à la fois des savoirs et la technique de communication de ces savoirs. La savoir dire définit une sorte de compétence *intrinsèque* du médiateur.

Le vouloir dire : correspond davantage aux choix que le médiateur fait dans ses savoirs et renvoie au *message* qu'il souhaite transmettre. C'est ici « *l'intention* » qui influence le contrat de communication.

Le pouvoir dire : est directement lié à la légalité de la situation de médiation engagée. Le pouvoir dire relève d'une compétence *extrinsèque* au médiateur, dépendante du contrat de communication, mais dépendante également d'un certain nombre de contraintes extérieures à ce contrat. Le médiateur s'efforce donc d'avoir cette compétence —ou pour le moins de paraitre l'avoir — et la légitimité qui lui est assortie en se montrant tantôt comme un scientifique, tantôt comme un enseignant.

Ainsi, le contrat est « *ce qui parle avant que quiconque ait parlé* » (Charaudeau, 2008, p. 12). La situation de communication est donc comme pré-déterminée par le contrat de communication. « *Une partie du sens est construite avant même que l'on entre dans la spécificité du texte* » (Charaudeau, 2008, p. 13). Le contrat de communication est ainsi porteur d'un ensemble d'*instructions discursives* qui sont influentes non seulement sur la production de l'acte de langage mais également sur son interprétation.

Ainsi, quand un public est sur le point d'entendre un discours, il sait en général assez bien ce qu'il va entendre. Du moins il en a quelques vagues idées. Il est rare que le public soit totalement ignorant de ce qui va se dire durant le discours. C'est en quelque sorte un « *effet de contrat* » qui se produit, qui dépend de la situation qui se met en place autour du discours. Par exemple, un public venu écouter un spécialiste des ammonites (fossiles de l'ère secondaire) anticipera sur le fait qu'il va probablement apprendre des choses sur ces fossiles, que certaines informations seront peut être trop complexes, que du vocabulaire lui échappera. Il y a de grandes chances aussi pour que ce spécialiste passe pour une « éminence » dans le domaine des ammonites.

Le discours de médiation géologique de terrain qui se met en place dans les situations que nous étudions est donc à considérer comme un mode de *socio-diffusion de la science*. Il est mis en œuvre selon des modalités typiquement *verbales* : c'est un *discours*. Ce discours prend potentiellement, selon Charaudeau (2008), des formes variées. Mais il a surtout tendance à s'hybrider et prend ainsi des formes intermédiaires. Il met en place tacitement un *contrat de communication* qui répond à un certain nombre de normes, que le public peut s'attendre à reconnaitre dans un tel contexte.

3.1.2 Les formes du discours médiatique

Le modèle du « *contrat de communication* » selon Charaudeau nous a permis de cerner une certaine typologie du discours de médiation. Nous envisageons maintenant de creuser davantage les éléments qui constituent la « *forme* » du discours. Nous voulons notamment préciser comment les diverses formes de procédés langagiers utilisées au sein du discours médiatique s'articulent entre elles pour produire un texte clair, compréhensible et qui répond aux contraintes de la situation (Information/captation).

3.1.2.1 Les contraintes du discours médiatique

Le contrat de communication, tacitement engagé entre les acteurs du discours, impose un certain nombre de contraintes au médiateur (Charaudeau, 2008) (voir Tableau 3.3 page suivante) :

TABLE 3.3 – Les contraintes liées au contrat de communication dans le discours médiatique (d'après Charaudeau 2008)

Contraintes	**Visibilité**	**Lisibilité**	**Sérieux**	**Émotionnalité**
Caractéristiques	Discours « saillant » Mise en scène du quotidien, Événements extraordinaires, insolites, étranges	Pour se faire comprendre (Simplicité et Figurabilité) : Simplification phrastique et lexicale Procédés scripto-visuels	Utilisation des modes de représentation des sciences (tableau, schémas, figures, ...) pour « f*aire autorité* » Tournures méta-linguistiques afin de montrer le soin porté aux explications Mise en œuvre de procédés de légitimation du propos	Mobilisation de l'affect Mise en scène de l'insolite, du dramatique, de la menace Mise en récit

Ce sont quatre contraintes que Charaudeau (2008) met en évidence dans la production d'un discours de médiation scientifique. Elles représentent des sortes de pré-requis qui s'imposent au médiateur avant même qu'il engage son discours dans une énonciation. Voyons à quoi correspondent ces contraintes du discours médiatique :

Contrainte de visibilité/audibilité : Il s'agit pour le médiateur de rendre son discours « *saillant* » ; qu'il soit mis en scène de telle manière qu'il se détache du quotidien, qu'il soit extraordinaire, insolite, étrange.

Contrainte de lisibilité : Le médiateur doit pouvoir se faire comprendre avec un discours exempt de termes complexes. Il a donc recours, d'une part à un certain nombre de *reformulations* (voir 3.1.2.2 page suivante), et d'autre part à des *procédés scripto-visuels* (voir 3.1.2.2 page 187) censés faciliter une compréhension plus immédiate par le public.

Contrainte de sérieux : La question de la légitimité du médiateur se posant systématiquement dans de telles situations, celui-ci doit organiser son discours en y plaçant un certain nombre de « repères » indiquant qu'il maitrise son sujet. Le recours ponctuel au jargon scientifique peut ainsi lui permettre de garder le contact avec son public qui le considère alors

comme digne de confiance, c'est à dire « crédible[9] » et « légitime[10] » du point de vu du contenu scientifique en jeu.

Contrainte d'émotionnalité : Le médiateur doit, afin de captiver son public, privilégier les *effets affectuels*. Pour cela il mobilise l'insolite, le dramatique, la menace, dans une *mise en récit* qui organise le discours. Ce recours à la *narration*, qui tend à « *anthropomorphiser* » les acteurs du récit, transforme les « *objets scientifiques* » du discours en véritables « *figurants* » du récit.

Pour conclure, nous insistons sur le fait que le *contrat de communication* tacitement mis en place entre le médiateur et son public, impose à la situation de répondre à un certain nombre de *contraintes*, qui s'articulent autour de deux axes : l'*accessibilité du discours*, qui le rend compréhensible par des amateurs ; et le *sérieux* qui le rend légitime et digne d'intérêt.

Mais cela impose dès lors au médiateur d'avoir recours à une rhétorique particulière qui répond elle aussi à ses propres contraintes.

3.1.2.2 Rhétorique de la médiation scientifique

Afin de répondre à la nécessité de rendre accessibles les savoirs scientifiques en les mettant en scène dans une médiation sérieuse, le médiateur se retrouve contraint d'utiliser des constructions langagières spécifiques, désignées communément par la « rhétorique » de la médiation scientifique. Parmi ces diverses formes que prend la rhétorique dans la médiation scientifique (Jacobi, 1984a,b, 1987b ; Jacobi et Schiele, 1988 ; Jacobi, 1988, 1990, 1993, 1999 ; Mortureux et Petiot, 1990 ; Mortureux, 1990), nous présentons celles que nous considérons comme comme caractéristiques des situations de médiation scientifique : (a) *les procédures de reformulation* ; (b) *la mise en image de la science* ; (c) *la mise en récit de la science*.

Procédures de reformulation

En réponse à ses doutes importants sur les objectifs visés par la VS, la linguistique a engagé de nombreuses études sur les procédures langagières mises en œuvre dans

9. Nous considérons ici que la « *crédibilité* » du médiateur relève du rapport que possède son discours avec la *vérité scientifique*. Ainsi, est « *crédible* » le médiateur qui dit la « *vérité* » scientifique qui concerne le sujet en question.

10. La légitimité, à la différence de la crédibilité, concerne la *légalité du discours* du médiateur. Il s'agit ici de confirmer que le médiateur est bien en droit de produire son discours devant le public. Cette légitimité peut lui être accordée par l'intermédiaire d'un diplôme (s'il est un scientifique par exemple). Mais elle ne semble pas « *aller de soi* », ce qui complique la production du discours et contraint ainsi le médiateur à user de procédés discursifs particuliers pour rendre son propos « *légitime* ».

les diverses formes de vulgarisation. Ainsi trois usages, qualifiés de « *procédures de reformulation* » ont été mis en évidence :

- ≻ *L'analogie*, la *comparaison* et la *métaphore*, qui constituent des procédés de figuration, de mise en image, de représentation du propos scientifique
- ≻ Des *procédés méta-linguistiques*, destinés à aider à la compréhension
- ≻ Des *substitutions synonymiques*, qui mobilisent beaucoup de guillemets et de parenthèses, et qui écartent le jargon scientifique

Ces trois axes, censés répondre à l'objectif principal du discours médiatique (Informer et captiver) constitue ce que nous avons désigné par « *rhétorique* de la médiation scientifique », empruntant ainsi le terme aux divers auteurs des années 70 et 80.

Le travail du médiateur [11] repose sur un ensemble de procédures de reformulation qui consistent en des transformations langagières destinées à améliorer la communication scientifique à destination d'un public.

Les analogies (sensu lato) constituent une grande part des reformulations. Elle permettent en général de s'appuyer sur des *références de sens commun* afin d'illustrer des propos trop abstraits.

- ≻ Les comparaisons : ce sont des formes d'analogies dans lesquelles il y a recours à un connecteur du type : comme, pareil à, à l'image de, ...
- ≻ Les analogies au sens strict : dans ce cas il y a une comparaison, mais sans recours à un connecteur.
- ≻ Les métaphores : ce sont des substitutions analogiques, qui emploient en général des termes concrets pour exprimer une notion abstraite.
- ≻ Les métonymies : c'est une forme de substitution d'un terme par une entité conceptuelle ayant avec ce terme un rapport de contiguïté [12].

Les substitutions et les expansions sont utilisées soit pour faire disparaitre le jargon scientifique (substitution) et améliorer la compréhension, en ayant recours à des hyponymes [13] et/ou hyperonymes [14].

11. Nous pourrions dire du vulgarisateur car la plupart des travaux qui ont mis en évidence ces procédures avaient comme objet de recherche la vulgarisation scientifique. Nous souhaitons cependant utiliser le terme de médiateur afin de ne pas considérer que ces procédés langagier sont cantonnés à une seule forme de médiation.

12. « Je vois une *voile* à l'horizon ! ». Le terme « voile » désigne un bateau ; mais il représente une partie fondamentale du bateau, que l'on peut définir comme fonctionnelle et qui représente de façon emblématique ce qui permet au bateau d'être défini comme tel. La relation de contiguïté sémantique utilisée dans la métonymie relève donc à la fois de la *nécessité* et du *fonctionnel*. D'après « *Métonymie* » in CNRTL (http://www.cnrtl.fr/definition/métonymie ; consulté en septembre 2018)

13. Mot dont le signifié est hiérarchiquement plus spécifique que celui d'un autre (CNRTL, http://www.cnrtl.fr/definition/hyponyme, consulté en septembre 2018).

14. Terme dont le sens inclut celui d'un ou de plusieurs autres (CNRTL, http://www.cnrtl.fr/de-

Les constructions méta-linguistiques organisent le texte grâce à un certain nombre de repères et de copules qui facilitent les paraphrases (Parenthèses, guillemets, tirets, ...). Ces procédés permettent souvent l'ouverture d'explications censées éclaircir un passage complexe ou obscur.

Ces différentes procédures sont donc globalement destinées à simplifier un propos pour le rendre plus accessible à la compréhension (nous pourrions dire que c'est là un objectif de « *transformation* » du discours-source) et aussi de permettre « *sa mise en image* » (objectif de « *représentation* » du discours-source). Ainsi, les explications scientifiques sont prises en charge par la *co-construction d'une nouvelle réalité partagée*, faisant échos au *déjà connu,* ce que Charaudeau désigne par « *principe de prégnance* ». Il s'agit en effet pour le médiateur de parler de choses connues, dans l'objectif de placer son public en situation de maitriser le sujet aborder. Cette dimension renvoie à ce que nous avons évoquer en partie didactique (partie 2 page 101) concernant les représentations.

« Figurabilité » de la médiation : la mise en image de la science

Parmi les procédés récurrents de la vulgarisation mis en évidence par Jacobi, la mise en images est celui qui attire le plus notre attention. Ce que (Jacobi, 1984b ; 1985 ; 1987b ; 1990 ; 1999) nomme « *figurabilité* » désigne l'ensemble des procédés tentant de représenter par l'image, la photo, le dessin, le schéma... un propos scientifique. Ce recours à l'image *sensu lato* constitue pour nous un indicateur important du *soin* que porte un médiateur/vulgarisateur à se faire comprendre. L'usage de l'image n'est donc pas seulement au service du contenu scientifique mobilisé (dans un objectif de « faire comprendre ») mais également au service d'une mise en scène codifiée de ces savoirs dans le contexte de la vulgarisation scientifique.

La figurabilité de la science apparait donc comme une nécessité dans de telles situations de médiation. Mais la mise en image de la science semble surtout se faire par l'intermédiaire de la mise en récit, qui mobilise des représentations du mondes propres à construire la science.

Médiation scientifique et mise en récit

Si l'on s'appuie sur les diverses recherches sur la vulgarisation scientifique (Jacobi *et al.*, 1990 ; Jurdant, 1973 ; Maldidier, 1973 ; Roqueplo, 1974), la forme la plus récurrente que prend la VS est celle de la *narration*. De plus, en mobilisant la fiction, le récit semblerait répondre aux nombreuses contraintes posées par la mise en œuvre de l'imaginaire dans les connaissances scientifiques en même temps qu'il répondrait aux contraintes de mise en scène des personnages et des objets de savoirs scientifiques :

finition/hyponyme, consulté en septembre 2018).

> *« Cette fiction [...] a pour fonction de créer et de faire partager une tension particulière : celle de l'émergence d'une nouvelle connaissance »*(Jacobi, 1988, p. 20).

Si la mise en récit est une forme particulièrement efficace de « monstration » de la science dans les diverses formes que réclame la VS, nous nous interrogeons dès lors sur sa capacité à répondre aux contraintes de la médiation de terrain que nous avons définies auparavant. Cela nous conduit donc à voir en quoi, et selon quelles modalités, le récit est mis en œuvre dans la médiation scientifique sur le terrain.

3.1.3 Médiation de la géologie « sur le terrain » et mise récit

Après avoir évoqué les diverses contraintes de la médiation de terrain ainsi que les formes de discours qui s'y mettent en place, nous envisageons maintenant d'analyser les formes de mises en récit qui se présentent comme presque systématiques dans de tels contextes. Le récit, dans la mesure où il joue un rôle fondamental de média scientifique, est à considérer ici comme un « *récit médiatique* ». Nous nous appuyons sur l'idée, développée notamment par Lits (1997, 2012) que l'information qui circule dans nos systèmes sociaux est avant tout *narrative*. Le récit médiatique serait ainsi à considérer dans sa dimension socio-discursive qui lui attribut un rôle de médiateur symbolique collectif. Le recours au récit dans une situation de médiation de terrain ne serait donc en rien une spécificité, mais plutôt un usage systématique dès lors qu'une information tend à circuler par l'intermédiaire d'une discours. De plus, d'après Lits (2012), la mise en œuvre du récit ne se limite pas à un « *outil de médiation* » : il est le *média* lui-même. Mais en conséquence de cela, à la mise en récit s'ajoute des contraintes qui relèvent davantage du champ socio-culturel que de la science ou de la narration. Le discours, porteur de cette mise en récit devient ainsi composite, devant répondre à plusieurs contraintes.

Pour aborder cette variété de contraintes auxquelles doit répondre le récit dans la médiation de terrain, nous souhaitons ici évoquer ce que nous désignons par une « *hybridation du discours* » et qui confère selon nous sa forme typique au discours de médiation. Nous pourrons ensuite caractériser le récit médiatique dans le contexte précis de nos situations de terrain.

Nous sommes amenés à considérer des situations de terrain qui ne peuvent se réduire à des situations de vulgarisation. Elles mobilisent des contextes de socio-diffusion de la science qui diffèrent assez fortement de situations présentées précédemment. En effet, l'enjeu principal de la situation n'est pas celui de la connaissance, même si les savoirs mobilisés gardent un rôle fondamental. L'enjeu majeur n'est pas de s'instruire d'un contenu. Il s'agit davantage de prendre du plaisir (Gellereau, 2005b, 2011)dans un contexte qui sollicite certes une activité

intellectuelle mais qui surtout stimule l'activité « sensorielle », la sensibilité, et qui joue sur l'émotion(Dufrêne, Bernadette and Gellereau, Michèle, 2003 ; Gellereau, 2005b,a). L'individu est ainsi conduit dans un univers censé lui apporter une sorte de « *plaisir instruit* ». Le fait qu'il soit connaisseur ou non des contenus scientifiques importe peu dans cette situation. Les savoirs ne sont pas l'enjeu principal. C'est le plaisir qui prime.

Les contraintes principales qui s'imposent d'après nous au médiateur sont celles qui relèvent de la médiation telles que définies précédemment par Charaudeau (2008) (voir section 3.1.2.1 page 183) : *lisibilité–visibilité–sérieux–émotionnalité*. Nous supposons a priori que le médiateur fait son possible pour répondre à ces contraintes. Il mobilise ainsi des anecdotes qui attirent l'attention de son public. Il procède à des simplifications phrastiques et lexicales qui facilitent l'accès aux concepts. Il pose également un certain nombre de jalons dans son discours qui produisent un effet de sérieux, essentiel à son propos, afin de rassurer ses participants sur ses intentions. Enfin, il invite l'affect et l'émotion pour stimuler le plaisir et imprimer dans l'esprit du spectateur le souvenir d'une médiation réussie. Mais les contraintes que nous évoquons ici ne sont pas à considérer seulement dans leur dimension médiatique : elles possèdent pour certaines des composantes autres. La contraintes de sérieux notamment supposent que le discours se construise sur des indicateurs spécifiques, facilement reconnaissables par le public comme des signes de scientificité. Ainsi, le médiateur est amené à faire usage d'un certain vocabulaire, non pas pour améliorer la compréhension de son public mais davantage pour caractériser le discours comme scientifique.

Donc la mise en œuvre du discours de médiation impose un certain nombre de contraintes : audibilité, simplicité notamment. C'est pour cette raison que le médiateur a recours à une rhétorique particulière. Mais c'est surtout la *mise en récit* qui est confrontée selon nous à des contraintes majeures dans la production du discours de médiation. Un travail sur la forme du discours s'avère indispensable et conduit à une « hybridation du discours » qui tend à faire osciller la mise en récit entre « réponse à des contraintes médiatiques » et « réponse à des contraintes didactiques ». Le respect de ces contraintes doit produire un discours de médiation considéré comme typique par le public, qui le reconnait comme répondant bien à ses besoins de public amateur et auquel il peut adhérer.

Conclusion

La médiation de terrain ne peut donc se résumer une simplification d'un discours scientifique source. Il correspond à une véritable mise en scène de la science, au sein de laquelle la mise en récit est centrale. Le récit en portant la médiation, permet au médiateur de répondre aux contraintes de la situation : audibilité et accessibilité du discours, émotion, plaisir, mais aussi, mobilisation de savoirs scientifiques au travers

de formes de langage qui répondent à la contrainte de sérieux qu'impose la science. Il forme en cela un discours *hybride*, que nous qualifions de « *didactico-médiatique* ». Mais la mise en récit reste un incontournable de la médiation scientifique.

A ce point de notre recherche, nous avons dans un premier temps montré les nécessités épistémologique et didactiques de recourir au récit. Nous venons ici de montrer la *nécessité médiatique* de recourir au mettre en œuvre la narration dans le discours de terrain.

Mais en quoi ces narrations répondent-elles à ces nécessités ? Peuvent-elles à la fois porter la médiation et répondre aux nombreuses contraintes que nous avons pu mettre en évidence ? Contraintes épistémologiques, contraintes didactiques, auxquelles s'ajoutent des contraintes médiatiques, liées au discours à mettre en œuvre.

Il s'agit pour cela, dans un premier temps de repérer en quelque sorte « où se loge le récit » dans le discours de médiation. Pour cela une *définition* précise du récit est donc nécessaire..

3.2 RÉCIT : LE CHOIX D'UNE DÉFINITION

Le récit parait être le meilleur moyen que l'être humain ait trouvé pour comprendre et expliquer le monde dans lequel il vit. C'est un outil universel du fait qu'il est utilisé par toute l'humanité, mais également du fait qu'il semble adapté à de nombreux univers de pensée. C'est ce que nous souhaitons montrer ici. Le récit, trop souvent cantonné à l'univers des humanités, doit pouvoir être considéré dans ses capacités à construire les savoirs scientifiques. En effet, comme nous avons déjà pu le montrer, une grande partie de ces savoirs scientifiques relèvent de l'histoire. Si les personnages principaux ne sont pas des êtres humains, ces récits n'en sont pas moins des reconstitutions historiques où évoluent des acteurs (les objets scientifiques) engagés dans une succession d'événements. Au risque de tomber systématiquement dans l'anthropomorphisme, le récit met en scène ces acteurs pour donner du sens à leur existence.

Pour comprendre les modalités par lesquelles le récit participe à la construction des savoirs, nous devons préciser maintenant ce qu'est le récit. Comment le définir ? Comment l'identifier dans le discours de médiation ? Comment le détecter aux différentes échelles du discours ? Nous envisageons dans cette partie de proposer une définition du récit autour de trois approches : (a) l'approche structurale ; (b) l'approche « culturelle » de Bruner ; (c) l'approche mimétique de Ricœur. Cela nous permettra de conclure sur les modalités de mise en œuvre du récit, c'est à dire l'engagement dans l'« acte de raconter.

3.2.1 La structure du récit

Comment différencier récit [15] de ce qui ne l'est pas. Si l'on suit Barthes (1966) qui considère que tout est récit, nous sommes dans un embarras certain. Mais pour répondre à cette difficulté, nous envisageons de définir le récit autour de trois axes qui guideront nos recherches : la structure quinaire dans un premier temps, d'autres approches structurales dans un deuxième temp. Enfin nous terminerons en envisageant les emboitements de récits qui constituent selon nous un point clé de la mise en récit.

3.2.1.1 Une structure quinaire

Le récit existe avant tout en tant que « *format* » de nos histoires sur le monde. Cela signifie qu'il existe une structure canonique à tous les récits. Cette structure a été mise en évidence par Larivaille (1974) et définie comme répondant à une *structure quinaire* qui caractérise la transformation que le récit décrit du monde.

Cette transformation passe en effet par cinq étapes :

1. État initial : c'est la situation de départ, qui se caractérise par sa stabilité. C'est l'état qui correspond au monde des normes, de ce qui va « dans le cours normal des choses ». Les événements qui s'y produisent participent à la stabilité de ce monde. Rien de ce qui s'y passe ne remet en cause l'ordre des choses.
2. Complication : un événement survient qui va bouleverser cet ordre établi. Il remet en question ce qui allait de soi et suppose une transformation qui s'opère dans le monde.
3. Dynamique : c'est l'ensemble des actions qui sont mises en œuvre pour répondre au bouleversement. C'est là que se loge l'action principale du récit.
4. Résolution : la dynamique conduit à la résolution du problème survenu. Elle suppose un retour à l'apaisement : une solution est trouvée qui permet de revenir à un état de stabilité.
5. État final : c'est la stabilité retrouvée. Le monde reprend son cours. Mais il a changé : les événements « extra-ordinaires » (au sens premier du terme)

15. Précisons ici la distinction que nous faisons entre « récit » et « narration » : sans le réduire à un énoncé, nous considérons le récit comme un texte produit — un énoncé —, issu d'une énonciation et engagé dans un processus de communication, écrit ou oral. Le récit au sens strict ne peut se détacher totalement de sa production par « mise en récit ». Mais nous préférons utiliser le terme de narration pour envisager cette dimension procédurale, énonciative du récit. Pour le dire autrement, la narration est le processus dont le récit est l'objet (si tant est que l'on puisse réduire le récit à un objet). Par mise en récit, nous désignons ce qui, dans la narration, procède à la construction du récit.

ont laissé des traces dans le monde. Mais ce retour à la stabilité n'est pas un retour au point de départ.

Ces « étapes » ne sont pas à considérer comme structure chronologique : le récit n'est pas contraint à une organisation séquentielle fermée qui l'obligerait à débuter par l'état initial et s'achever par l'état final. C'est d'ailleurs parce que le récit répond systématiquement à cette structuration que les auteurs jouent à désorganiser leur narration pour produire des effets de tension narratives : ainsi, le procédé de narration « *in media res* » permet-il de tomber au cœur de l'action dès les premiers moments du récit.

La structure quinaire du récit représente donc un référentiel à partir duquel toute narration peut se construire. C'est également une structure qui impose un contenu « fini » en événements. Si des ellipses peuvent exister au cœur du récit, il n'en reste pas moins que, si une étape manque à la structure, le récit reste ouvert, et nous pourrions dire « en attente de se résoudre ». En quelque sorte, le récit doit se refermer sur lui-même : c'est le retour à l'état initial qui semble fondamental pour que puisse naître un récit à la suite.

Cette structuration cyclique du récit ne doit cependant pas masquer le fait que le monde mis en scène dans le récit est un monde en évolution : chaque fin de récit restitue un monde stable, mais qui a changé. C'est là un point fondamental sur lequel nous reviendront, notamment dans nos questionnements sur les articulation des temps linéaires et cycliques dans la médiation scientifique.

Si cette conception de la structuration du récit est la plus fréquemment admise, d'autres façons de penser la structure narrative existent. Elles nous intéressent car cela nous permettra de montrer qu'elles ont en commun une caractéristique du récit qui nous parait fondamentale : l'articulation changement/ stabilité.

3.2.1.2 D'autres façons de penser la structure du récit

Nous focalisons notre attention sur quelques auteurs qui nous paraissent incontournables du point de vue de l'analyse structurale du récit.

Le premier à avoir envisagé une formalisation de l'intrigue des récits (Reuter, 2011) dans une approche structurale est Propp (1965), qui a principalement travaillé sur les contes merveilleux russes. Sa démarche consiste en une caractérisation des récits autour de deux aspects : (a) les récits sont constitués d'un ensemble fini et organisé *d'actions*; (b) ce sont les actions (et non les personnages et objets) qui sont les *unités de base* du récit (Reuter, 2011, p. 22). Le récit serait donc selon Propp une sorte de contexte formel de mise en œuvre de *l'action*.

Brémond propose lui aussi une approche centrée sur l'action, mais davantage pensée dans sa « *potentialité* ». En effet, Brémond propose trois phases constitutives de toute action : la *virtualité*, le *passage* à l'*acte et l'achèvement*. L'approche de cet auteur est particulièrement intéressante dans la mesure où l'action dans le récit

dépend des contraintes qui s'imposent face à son *actualisation potentielle*. Ainsi, l'éventualité d'une action est pensée dans le récit comme une contingence : il peut y avoir ou non « *passage à l'acte* ». Et dans le cas d'un passage à l'acte, il peut y avoir avortement/interruption, ou bien finalisation, qui conduit à ce que Brémond désigne par une « *amélioration* ».

Barthes considère le récit comme étant structuré autour de deux fonctions principales des actions au sein de l'histoire (Reuter, 2011, p. 21) : (a) les *fonctions cardinales*, indispensables à l'architecture du récit ; (b) les *fonctions catalytiques*, qui jouent un rôle secondaire et qui permettent une cohésion par remplissage.

Cette prise en compte de l'action comme noyau du récit a conduit Greimas (1983) à proposer un modèle du « *faire* » des personnages : le *« schéma actantiel* ». Ce modèle consiste en une *catégorisation* des actions des personnages (sans se limiter aux seuls êtres humains) en trois axes : le *vouloir*, le *savoir* et le *pouvoir*. Cette articulation nous semble traduire assez bien ce qui, dans le monde naturel, peut être considéré comme acteurs d'une histoire. La dimension « *intentionnelle* » du vouloir pose problème dans les situations que nous étudions, mais elle est à prendre en compte dans l'analyse des formes d'anthropomorphisme qui s'invitent dans les récits. En revanche, savoir et pouvoir sont des catégories d'actants qui nous paraissent efficients dans la mise en scène des sciences de l'empirie. Le *savoir* renvoie dans ces situations à la communication symbolique entre les objets du réel et la compréhension que l'on a de ce réel. Le *pouvoir* renvoie quant à lui à une métaphore de la potentialité des objets/personnages d'exister ou non.

A partir de ces éléments nous pouvons conclure que la structure du récit prend sens au travers des *actions* qui s'y déroulent. Cette structure, organisée autour de l'*action* constitue ainsi un *cadre* dans lequel est mise en œuvre l'intrigue. Mais il semble que le récit se construise également selon une hiérarchie de séquences à l'intérieur de ce cadre. Chaque séquence devenant un récit encadré, avec d'autres, dans un *récit-cadre*. Cette organisation structurale, que nous désignons par « combinaison de récits » témoigne de cette capacité importante du récit à pouvoir agencer et hiérarchiser. Voyons quelles formes prennent ces combinaisons de récits.

3.2.1.3 Les combinaisons de récits

Le récit est une structure hiérarchique, plus ou moins complexe, comprenant un certain nombre de séquences. A ce niveau de notre analyse, nous considérons que les séquences sont des unités structurales du récit, mais elles peuvent également être considérées comme des récits encadrés. Un récit encadré se caractérise par une structure minimale de récit (que nous considérons comme articulée autour de la mise en intrigue) et par un enchâssement à l'intérieur d'un récit, le récit-cadre. Que la séquence puisse être considérée comme récit ou non n'a que peu d'importance pour notre analyse. Nous considérons en effet que c'est le système d'emboitements

qui confère une structure particulière au récit. C'est donc le type d'articulation qui va nous intéresser ici : nous présentons ainsi trois formes distinctes de combinaisons de récits/séquences : (a) *récits emboités* ; (b) *récits entrelacés* ; (c) *récits enchainés*.

Récits emboités : cette combinaisons de récits se fait selon un monde contenant/contenu (Propp, 1965). C'est le type d'emboitement le plus simple ; de lui dérivent les autres types d'emboitement. La structure type en est l'organisation *récit-cadre / récits encadrés.* Elle suppose un rapport de hiérarchie entre les éléments, et nous conduit à imaginer un *réductionnisme narrati*f dans la mise en œuvre de tels récits. En effet, si chaque récit peut être composé par la combinaisons de plusieurs récits, ne serait-il pas envisageable d'aller jusqu'à un niveau « microscopique » du récit ? Nous aurons l'occasion de voir plus loin en quoi cette hypothèse s'avère non valide.

Récits entrelacés : ce type de combinaison correspond à un emboitement particulier des récits : ceux-ci procèdent en effet à une sorte de mélange de leurs séquences (Adam et Revaz, 1996, p. 17). Les histoires sont menées en parallèle, la narration alternant entre les récits et ne conduisant pas nécessairement à un point de jonction.

Récits enchainés : ce dernier type d'emboitement se met en place lorsque les récits/séquences se suivent de façon contigüe. Chaque récits qui s'achève prépare le récit suivant. La consécution des récits se confond ainsi avec les relations de causalité, ce qui renvoie une nouvelle fois à notre questionnement sur les modalités de mise en œuvre d'une causalité narrative dans le discours de médiation scientifique.

La structure du récit semble donc dépendre directement des récits emboités auxquels il peut se rattacher. Nous voyons dès lors que les *relations* qui s'établissent entre les récits emboités peuvent répondre à leur tour au schéma actantiel de Greimas. Mais avant de pousser plus loin l'analyse de cette dimension, nous devons préciser comment cette structuration du récit contraint la prise ne charge du temps : en effet, la structure du récit d'une part, et les emboitements d'autre part, sont susceptibles de produire un désordre temporel.

Ainsi, comment la linéarité du temps narratif peut-elle être conservée dans de telles structurations des récits ?

3.2.2 Stabilité et changement selon Bruner : le récit au cœur de la culture

Nous souhaitons ici aller au-delà des considérations structurales sur le récit notamment en allant chercher dans un domaine exploré par Bruner (2002): l'apprentissage des enfants. Les travaux de cet auteur nous intéressent à deux points

de vue : (a) la place centrale qu'il donne à la notion de *rupture/changement* dans le récit ; (b) sa *théorie développementale* centrée sur la culture et l'esprit.

- La « *rupture dans l'ordre des choses* » selon Bruner (2002) correspond à une structuration du récit autour d'un *changement brutal* qui survient dans la normalité du monde. Bruner s'appuie sur Aristote pour construire l'idée que tout récit est une *transformation*. Un récit, c'est ce qui raconte « *ce qui est survenu* ». Cette capacité du récit à se focaliser sur l'événement crucial, la *peripetia*, nous renvoie systématiquement aux drames de l'existence humaine, et ainsi aux catastrophes. Le récit met en scène, autour d'un noyau central, ce sur quoi portent les craintes des êtres humains. C'est assurément pour cette raison que le récit est à ce point anthropocentré.
- La capacité de l'enfant à développer des savoir-faire repose sur l'intentionnalité et les interactions communicationnelles qui se mettent en œuvre au cœur d'une culture. L'emprunt que fait Bruner (1987) à Vygotski nous intéresse particulièrement, notamment dans la reprise qu'il fait de la « *Zone Proximale de Développement* »Vygotski *et al.* (1997). Vygotski développe ainsi l'idée qu'il existe une *« transition »* dans laquelle se mettent en place les apprentissages de l'enfant sous la tutelle d'un adulte, ou de façon générale d'un « tuteur ». Cette *transition* s'organise autour de deux activités d'apprentissage, l'*étayage* et l'« *imitation* » :
  - *l'étayage* consiste en une assistance, une collaboration entre l'enfant et son tuteur ; le tuteur agissant comme un médiateur de la culture (Lestage, 2009).
  - *l'imitation* selon Bruner (1987) consiste en une *nécessaire* observation du congénère, mais qui ne peut cependant pas être considérée comme *suffisante* (Lestage, 2009). L'imitation participerait ainsi à mettre en conformité l'activité du sujet avec son contexte culturel.

  Cette articulation étayage/imitation est selon nous un enjeu fort des situations de médiation que nous étudions. L'adulte joue un véritable rôle de médiateur des apprentissages dans le développement de l'enfant. Le récit, en tant qu'outil de médiation, répond lui aussi à cet engagement : il nous parait pouvoir jouer ce rôle de médiateur culturel par étayage et imitation.

Nous souhaitons rapprocher ces conceptions sur le développement de l'enfant de celles de Ricœur (1984) sur le rôle de la *mimesis*. Le récit joue en effet un rôle indéniable sur le développement de l'enfant, et ce, en permettant à celui-ci de s'engager, par la mimesis, dans une vision métaphorique du monde. Cette *mimesis de l'action*, défendue par Ricœur nous semble porter la même signification que *l'imitation* qui est en jeu dans les apprentissages selon Vygotski *et al.* (1997). Ainsi, l'enfant peut accéder aux savoirs par l'intermédiaire du récit qui met en place le contexte socio-culturel nécessaire à un étayage des apprentissages et qui soutien

l'activité d'imitation au travers de la *mimesis*. Ainsi, la boucle mimétique peut-elle être reconsidérée au regard de cette nouvelle approche : *préfiguration*, *configuration*, *refiguration* peuvent alors être insérées dans un nouveau schéma mimétique qui s'articule autour d'une boucle *étayage/imitation*. Cependant Bruner (1987) précise que l'apprentissage repose également sur la capacité de l'apprenant à reconnaitre « *une solution d'une classe déterminée de problèmes avant d'être capable lui-même de produire les démarches qui y conduisent sans aide* » (Bruner, 1987, p. 263). Ce cadre théorique, qui permet de mobiliser une classe de problèmes à résoudre, relève selon nous de l'approche phénoménologique que nous avons empruntée à Bachelard et à Ricœur. Il désigne l'ensemble des théories a priori qui permettent de se confronter à un nouveau problème. Mais allons plus loin dans notre approche de la *mimesis*.

3.2.3 Mise en intrigue et *mimesis* : le récit selon Ricœur

Nous en arrivons ici à une recherche de définition du récit qui prendrait en charge les questions de temporalités : c'est ce que nous faisons avec l'approche de Ricœur, développée longuement dans ses trois ouvrages « *Temps et récit* » (Ricœur, 1983, 1984, 1985). Ricœur reprend les conceptions aristotéliciennes issues de la « *Poétique* » pour centrer son analyse sur l'intrigue, ou , pour être plus précis, la « *mise en intrigue* ». Nous prendrons dès lors comme définition du récit celle qui découle de cette approche :

> *Le récit est ce qui organise la mise en intrigue.*

Mais nous aurons à pousser plus loin cette définition du récit selon Ricœur en montrant notamment que :

- Le récit est une mimesis de l'action. Il engage une métaphorisation de l'existence humaine dans une narration.
- Il se construit entre un *avant-texte* et un *après-texte.* Entre cet « amont » et cet « aval » du récit, est mis en œuvre une configuration des événements qui organise le disparate, le discordant. Ainsi, la simple succession donne lieu une organisation causale des événements dans la temporalité.
- Cette configuration passe d'abord par une pré-figuration des événements (en quelque sorte, c'est le récit avant même qu'il soit engagé dans une opération de narration) puis par une re-figuration de ces événements, qui mène à la figuration des temps humains.
- La mise en intrigue n'est pas « enfermée » dans le récit ; elle se construit également au travers d'une *« intelligence narrative »* propre au sujet. Cette intelligence n'est pas qu'une tradition propre à l'humain ; elle se « partage » en tant que référence narrative du monde.

Mais le récit n'est pas à considérer comme une forme d'organisation des événements

du monde. Le récit ne raconte pas les événements, ils les construit. Car ces événements ne pré-existent au récit que dans des pré-concepts : ils n'ont ni raisons a priori d'exister, ni contrainte temporelle auxquelles se soumettre.

Ainsi, le récit atteint une pleine signification dès lors qu'il acquière ce statut fondamental de « *condition de l'existence temporelle* ». C'est par le récit que les événements, de *virtuels* deviennent *possibles*. Ce possible prend naissance dans une double articulation du *nécessaire* et du *contingent*, que nous avons désigné par « *condition de possibilité* ».

La mimesis de l'action (Ricœur, 1983), en faisant jouer au récit son rôle métaphorique le confine dans son rapport à l'humain. Quel récit faire, dès lors, des objets du monde naturel ? Comment reconstituer une histoire qui ne concerne pas l'humanité ? Est-il envisageable de raconter une histoire qui ne soit pas une histoire des Hommes ?

Nous voyons là tout l'enjeu de la narration dans la construction des sciences historiques. Reconstituer l'histoire d'une chaine de montagne mobilise indubitablement la narration. Mais cette narration doit-elle nécessairement s'« *anthropiser* » pour bénéficier des fonctions de configuration du temps par le récit ?

Il s'agit en fait pour nous ici de déterminer en quoi le récit remplit ses fonctions de configuration du temps et des événements dans le contexte de reconstitution d'une histoire des objets géologiques. Dans quelle mesure le récit est-il capable de rendre compte d'une histoire géologique sans s'en tenir à une mimesis d'action humaine ? Comment le récit peut-il envisager de configurer le temps des objets géologiques (qui est un temps du monde) et non pas un temps humain ?

Pour répondre à ces questions, nous envisageons ici d'explorer le récit au travers de ce que nous dit Ricœur dans « *Temps et récit* ». Le « *parcours de médiation du récit* » (Dubied, 2016, p. 3) peut en effet être étudié selon six axes d'analyse : (a) un début, un milieu et une fin ; (b) un principe de causalité narrative ; (c) un thème ; (d) une implication d'intérêts humains ; (e) une conclusion imprévisible et congruante ; (f) une actualisation.

3.2.3.1 Un début, un milieu et une fin

Par cette structuration en Début/Milieu/Fin, le récit répond à l'aporie insoutenable du temps de la vie. Il construit une cohérence close et achevée (Dubied, 2016, p. 5). Par la mimesis de l'action, le récit produit la complétude d'un tout concordant. Car *« une action est une et complète si elle a un commencement, un milieu et une fin, c'est à dire si le commencement introduit le milieu – péripétie et reconnaissance – conduit à la fin et si la fin conclut le milieu. Alors la concordance l'emporte sur la discordance »* (Ricœur, 1984, p. 41). C'est par le récit que les événements acquièrent un milieu, un début et une fin, car dans le réel ces événements sont épars, sans signification et sans direction temporelle. Ce

que nous avons désigné plus haut par structure quinaire (section 3.2.1.1 page 191) répond à ce critère en nous rappelant la dimension cyclique d'une telle organisation. Cependant, au sein même de cette organisation cyclique, il est possible de voir qu'une *direction* s'impose entre le début et la fin. Le récit construit donc, selon ce critère, une *linéarité* du temps. Mais cette linéarité du temps n'existe pas en tant que s'opposant au temps cyclique. C'est une *linéarité dirigée* (compatible avec une vision cyclique de la temporalité) qui s'impose aux événements. Cela nous renvoie directement au *principe de transformation* que le récit mobilise quand il met à l'œuvre sa mimesis de l'action. Car l'action, dans le monde pratique comme dans le monde raconté, se caractérise par la trace potentielle qu'elle laisse inscrite dans le monde. Chaque action est en effet susceptible de laisser une trace dans le monde ; trace qui permettrait de remonter à sa cause dans la mise en œuvre d'une reconstitution historique. Le monde que le récit construit est donc un monde présentant les stigmates du temps. Chaque stigmate étant la trace d'une action. L'action est donc « mimée » par le récit qui organise les raisons d'exister des événements.

De plus, si la configuration conduit à une unité close (au sens de complète et totale), elle amène également le récit à avoir *« une étendue appropriée »*. En effet :

> *« Ce n'est que dans l'intrigue que l'action a un contour, une limite et, en conséquence, une étendue* [...] [qui] *permet une délimitation (horos) satisfaisante de la longueur »* (Ricœur, 1983, pp. 80-81)

En d'autres termes, en mettant de l'ordre, le récit crée une étendue bien définie ; car dans le réel, les événements n'ont pas d'étendue. Et de ce fait, le récit devient également une découpe du réel. Il impose qu'il y ait un avant et un après cette découpe. De part sa capacité à s'étendre, il dispose des jalons temporels qui déterminent l'avant et l'après, et il précise l'étendue, pas seulement temporelle mais aussi spatiale, qu'il entend couvrir dans ce qu'il raconte.

Ainsi la configuration des événements entre ce début, ce milieu et cette fin conduit à un *renversement*, ce qu'Aristote désignait par renversement du bonheur en malheur ou inversement. De ce renversement naît un triptyque, articulé sur les trois temps du récit : Problématisation / Résolution / Renversement. La problématisation prend corps dans une forme de tension entre l'après et l'avant, c'est à dire entre l'événement et sa cause. Le renversement suppose que le récit met en œuvre, comme modalité de configuration des événements, un procédé qui n'est pas une simple juxtaposition : la mise en concordance des événements répond à un principe de causalité, que Ricœur (1983) nomme « causalité narrative » et qui représente un des fondements de la mimesis de l'action.

3.2.3.2 Un principe de causalité narrative

Le récit établit un ordre causal face à un désordre du réel. Le tout configuré se substitue ainsi au réel et confère aux événements un enchainement. Cet enchainement n'est pas une succession temporelle des événements. La concordance qui se met en place entre ces événements discordants est une *concordance causale* :

> « *L'art de composer consiste à faire paraître concordant cette discordance : le "l'un à cause (dia) de l'autre" l'emporte alors sur le "l'un après (meta) l'autre". C'est dans la vie que le discordant ruine la concordance*[...] »Ricœur (1983, p. 88).

Le récit est donc ce par quoi naît la concordance . Il établit un ordre du monde que l'on peut référer à la règle : loi de la nature, loi des Hommes, lois de la physique... Le récit s'insère donc dans le monde qu'il construit. Il y met en jeu des règles de causalité qu'il importe depuis un univers pré-construit (mimesis I). Car sinon les événements n'auraient aucune intelligibilité : c'est parce que le récit est pré-conceptualisé dans la mimesis I que la discordance se fait jour à nos yeux. La causalité narrative est donc mise en œuvre dans un cadre de référence pré-établi par la mimesis I. La discordance des événements se révèle quand la légalité de ce cadre n'est pas respectée. Or les règles et les lois (ce que nous avons désigné par la « légalité ») du cadre de référence sont définies par un ensemble de virtualités qui structurent notre compréhension du monde. Avant même que le récit ne commence, le monde qu'il mobilise est donc déjà constitué, composé des règles qui le gouverne. Les événements qui s'y dérouleront ne seront discordant qu'au regard de ces règles.

Faut-il comprendre de cela que le récit est enfermé dans la légalité du monde qu'il mobilise ? Assurément non, car rien n'oblige le récit à s'en tenir à un monde dont le référentiel se construirait exclusivement à partir du réel. De ce point de vue, il faut reconnaitre à la fiction cette possibilité qu'elle offre au récit de choisir ce qui, dans le monde réel, sera pris comme référence dans le virtuel. Il est établit clairement maintenant que la virtualité absolue, sans aucun référentiel avec le réel n'a pas de sens. Se pose donc la question de la part de réel et de virtuel que le récit se fixe comme référentiel de légalité. C'est à cette condition qu'il pourra mettre en œuvre une causalité narrative.

Pour terminer, il convient de préciser que si la causalité l'emporte sur la temporalité, c'est en quelque sorte « pour mieux pouvoir y retourner ensuite » : en effet, le récit n'atteint sa pleine dimension que lorsqu'il devient une condition de l'existence temporelle. Autrement dit, le principe de causalité ne s'applique pas seulement dans un cadre légal mais également dans un cadre temporelle imposé par le récit. Et de ce fait la causalité, de a-temporelle, devient causalité temporelle au travers du couple *nécessité/contingence* que l'on retrouve au cœur de la mise en intrigue.

> « *Alors que, dans un modèle de type causal, événement et occurrence restent indiscernables, l'événement narratif est défini par son rapport à l'opération même de configuration ; il participe de la structure instable de concordance — discordance caractéristique de l'intrigue elle-même — ; il est source de discordance, en tant qu'il surgit, et source de concordance, en ce qu'il fait avancer l'histoire. Le paradoxe de la mise en intrigue est qu'elle inverse l'effet de contingence, au sens de ce qui aurait pu arriver autrement ou ne pas arriver du tout, en l'incorporant en quelque façon à l'effet de nécessité ou de probabilité, exercé par l'acte configurant. L'inversion de l'effet de contingence en effet de nécessité se produit au cœur même de l'événement : en tant que simple occurrence, ce dernier se borne à mettre en défaut les attentes créées par le cours antérieur des événements ; il est simplement l'inattendu, le surprenant, il ne devient partie intégrante de l'histoire que compris après coup, une fois transfiguré par la nécessité en quelque sorte rétrograde qui procède de la totalité temporelle menée à son terme. Or cette nécessité est une nécessité narrative dont l'effet de sens procède de l'acte configurant en tant que tel ; c'est cette nécessité narrative qui transmue la contingence physique, adverse de la nécessité physique, en contingence narrative, impliquée dans la nécessité narrative* » (Ricœur, 1980, pp. 169-170).

Le récit serait donc le processus de transmutation de la causalité physique en causalité narrative : par lui, la cause s'insère dans la temporalité au moyen de l'acte de configuration.

3.2.3.3 Un thème

C'est à l'intérieur d'un thème que la configuration rassemble les éléments en un tout intelligible, ce que Ricœur (1983, p. 130) désigne par « *une totalité signifiante* ». Le thème permet une focalisation sur une catégorie d'événements du monde. De ce fait, le thème exclue tous les autres thèmes. En termes simples, raconter une histoire c'est choisir de ne pas raconter toutes les autres histoires qui peuvent ou non s'y rattacher. On comprend également que le thème se construit nécessairement dans un cadre parallèle de celui de référence.

3.2.3.4 Une implication d'intérêts humains

La mimesis de Ricœur suppose que le récit met en scène des *agents*, qui sont des humains ou des personnages anthropomorphes (Dubied, 2016, p. 10). En empruntant la notion de *muthos* à Aristote, Ricœur envisage de *« penser ensemble et de définir l'un par l'autre l'imitation ou la représentation de l'action et l'agencement des faits* » Ricœur (1983, p. 71). Cela signifie, comme on a pu déjà le signaler, que le

récit met au jour une « *implication d'intérêts humains* ». Ainsi, en faisant de sa triple mimesis un *opérateur* de la théorie de l'action, il place l'humain au cœur du récit et impose de ce fait que événements et actions se croisent au travers d'un réseau d'*intentionnalités*. Cela remet en question ce que nous avons posé comme définition de la cause dans les contextes que nous étudions. En effet, notre approche de la causalité doit prendre, dans les situations de médiation, une forme particulière que nous devons analyser. Car si la *causalité narrative* ne peut se rattacher qu'à des intentions humaines, notre questionnement sur la mise en scène des objets géologiques risque de s'en tenir uniquement à une analyse des anthropomorphismes qui en imprègnent l'histoire. Nous pensons au contraire pouvoir nous en tirer à bon compte en relativisant la portée du *réseau conceptuel de l'action* dans sa mise en œuvre effective dans les récits. Expliquons-nous.

Par la mise en intrigue, le récit engage un rapport mimétique à l'action ; c'est ainsi qu'il organise le monde réel. Si l'on considère que chaque fait du monde peut être expliqué comme étant le produit d'une action, se pose alors la question de l'origine de cette action. Il nous semble raisonnable à ce stade de notre travail de prendre un peu de distance avec les considérations de Ricœur sur l'origine des actions : *motif* ou *cause* ? De ce point de vue, nous préférons suivre Wittgenstein en considérant une séparation stricte du motif et de la cause :

Le motif relève de l'intentionnalité. Il correspond à l'explication du pourquoi quelqu'un fait ou a fait quelque chose. Il se distingue donc absolument de la cause physique.

La cause précède l'effet. Elle naît, en tant que concept, par un processus de pensée qui part de l'effet et « remonte » à la cause. Une fois la cause « révélée », il est possible de faire rejouer la relation au sein d'une phénoménologie, comme par exemple dans une expérience.

C'est donc bien *l'intentionnalité* qui permet donc de différencier motif et cause ; et c'est l'articulation de cette intentionnalité avec la temporalité qui permet de délimiter clairement ce qui relève du motif (au sens de raison — anthropomorphe —) et ce qui relève de la cause (dans son contexte d'application de lois naturelles). Il y intentionnalité dans le motif humain ; alors qu'il y a non-intentionnalité dans la cause. Nous pourrions exprimer cela par l'implication des temps linéaires dans une telle conception : l'intentionnalité se nourrit d'un *but* à atteindre, elle est dirigée vers un résultat. Elle implique un *agent*, qui dès lors qu'une action est menée, est considéré comme *responsable*. La recherche d'un motif revient ainsi à rechercher qui est responsable (autrement dit qui est *l'agent*) ? Et pourquoi il est considéré comme responsable (autrement dit qu'elle est sa *raison* d'avoir agi) ? La non-intentionnalité de la cause exclue de pareilles considérations. Nous avons montré dans la première partie de ces recherches (1) que la question de la cause se pose principalement en terme de *possibles* et des liens qui les unis à *l'actuel*.

Bien plus que de rechercher *« la cause responsable »* (nous montrons par l'usage d'un tel vocabulaire, le risque de tomber dans l'anthropomorphisme du motif), la recherche des possibles conduit à établir des nécessités et non pas à s'en tenir à la simple consécution de la cause et de l'effet.

Mais que devient dès lors la *causalité narrative* dans le cas d'une histoire mettant en scène des objets déniés par définition d'intentionnalité ? Le risque étant de confondre motif et cause, et ainsi d'attribuer une volonté aux objets et de ce fait de se détourner de la recherche rationnelle d'un « pourquoi ». Ricœur a en fait déjà répondu à cette problématique : c'est la nécessité narrative qui transmue la contingence physique en contingence narrative (Ricœur, 1980, p. 170). En fait cette considération nous laisserait penser que, peu importe que la raison relève du motif ou de la cause : elle est prise en charge par l'acte configurant, comme dépendante d'une articulation de la nécessité et de la contingence.

Une remarque importante s'impose ici. Alors que la biologie a la réputation d'emprunter à la physique ses principes de causalités, notamment dans les domaines de la biologie moléculaire qui mobilisent des causalités mécanistes (Morange, 2003, p. 167), la théorie de l'évolution, qui tend à s'imposer comme perspective ultime des Sciences de la vie, met en œuvre des formes de causalité propre à son domaine. Non seulement cette théorie est « *considérée par certains comme l'exemple même d'un théorie biologique débarrassée de finalisme et de téléologie* » , mais de plus « *la valeur de ce modèle darwinien viendrait de ce qu'il rend au temps, à l'histoire, un rôle majeur. Les êtres vivants sont des objets historiques, fruits d'une histoire pleine d'aléas autant que de rationalité physico-chimique* »(Morange, 2003, p. 168). Cela signifie que le cadre évolutionniste, qui s'applique d'ailleurs également aux objets géologiques qui nous intéressent, impose de « *remettre le temps à l'origine des relations fonctionnelles* » (Morange, 2003, p. 169), autrement dit que la causalité se construise dans la temporalité. Il ne fait aucun doute par conséquent que le récit joue un rôle déterminant dans de telles constructions des explications scientifiques. Nous avons déjà cité Gould (1989) pour qui les sciences de l'évolution sont profondément ancrées dans des formes de narrations scientifiques. Nous pouvons citer également Lecointre (2009b) qui insiste sur les limites que représente le recours au récit dans les sciences de l'évolution. Nous aurons à revenir sur cette dimension dans les paragraphes qui suivent.

3.2.3.5 Une conclusion imprévisible et congruante

La configuration des événements ne prend tout son sens qu'à la condition qu'elle conduit à une conclusion, considérée comme point final. Ainsi « *suivre une histoire, c'est avancer au milieu de contingences et de péripéties sous la conduite d'une attente qui trouve son accomplissement dans la conclusion* » Ricœur (1983, p. 130). Cette attente est un des éléments fondamentaux de l'intelligence narrative définie

par Ricœur : elle correspond à la capacité de chaque être humain de construire son propre « *suspens* » dans le suivi d'une histoire. Ce que nous retenons là c'est que suivre une histoire, c'est en quelque sorte attendre la conclusion. Et cette conclusion doit fournir les éléments *congruants*, (pour reprendre le terme et l'orthographe de Ricœur), c'est à dire des éléments cohérents entre eux et formant un tout structuré et adéquat vis à vis de l'acte de configuration.

Cette conclusion doit également être imprévisible mais au sens où elle doit posséder les caractéristiques d'une « *imprévisibilité* » ; car, en réalité, rien n'empêche que l'on se fasse une idée de ce point final. Ce qui compte, semble-t-il, c'est qu'elle oblige à aller jusqu'au bout de l'histoire :

> « *Comprendre l'histoire, c'est comprendre comment et pourquoi les épisodes successifs ont conduit à cette conclusion, laquelle, loin d'être prévisible, doit être finalement acceptable, comme congruante avec les épisodes rassemblés. C'est cette capacité de l'histoire à être suivie* [...] » (Ricœur, 1983, p. 130)

Enfin, la conclusion joue un rôle fondamental de clôture de l'histoire ; non pas au sens de « fin de l'histoire » comme nous avons pu le dire auparavant, mais plutôt au sens de fermeture de l'histoire comme formant un tout bien délimité. « [Cette conclusion] [...] *donne à l'histoire un "point final", lequel, à son tour, fournit le point de vue d'où l'histoire peut être aperçue comme formant un tout.* [...] *c'est dans l'acte de re-raconter, plutôt que dans celui de raconter, que cette fonction structurelle de la clôture peut être discernée* » (Ricœur, 1983, p. 131). Cet acte du « re-raconter » nous parait d'importance car il permet de parcourir l'histoire comme un tout, entre son début et sa fin ; sa conclusion donnant lieu à une revisite du récit lui-même. C'est ainsi que, à partir d'une lecture à rebours, il est possible de construire la cohérence des événements : autrement dit la configuration des événements.

> « *Suivre l'histoire, c'est* [...] *appréhender les épisodes eux-mêmes bien connus comme conduisant à cette fin.* [...] *la reprise de l'histoire racontée, gouvernée en tant que totalité par sa manière de finir, constitue une alternative à la représentation du temps comme s'écoulant du passé vers le futur, selon la métaphore bien connue de la « flèche du temps ».* [...] *nous apprenons à lire le temps lui-même à rebours comme la récapitulation des conditions initiales d'un cours d'action dans ses conséquences terminales* » (Ricœur, 1983, p. 131)

3.2.3.6 Une actualisation

La seule actualité d'un récit, c'est sa réception. Dans les situations de discours narratif que nous étudions, la réception du récit consiste donc en une narration

communiquée à un public, dans un contexte particulier. La mimesis III de Ricœur (1985) que nous considérons ici porte principalement sur la *lecture* du récit, mais il nous semble possible et intéressant de l'élargir à d'autres formes de réception du récit, et notamment celle du discours narratif. Ainsi, un public qui écoute un récit raconté par un médiateur, est témoin de l'actualisation de ce récit dans l'activité de communication menée par le médiateur. C'est en quelque sorte une dimension *performative* du récit qui impose que ce qui est dit devient connu du monde. Un récit dévoilé induit que le réel, une fois raconté, est en quelque sorte « plus réel » qu'avant le récit. En reprenant Ricœur : il y a un avant le récit et un après le récit.

Le fait que le récit prenne corps par une « *actualisation* » nous renvoie à l'idée que, en tant que médiation, le récit (que l'on qualifie désormais de médiatique) engage un *partage du réel*, notamment dans les situations où il confronte faits et idées. Cette construction d'un réel partagé *hic et nunc* relève de ce que nous avons évoqué dans notre premier chapitre (voir chap1) : par le récit, les personnages prennent corps au travers de l'empirie à laquelle ils appartiennent et grâce à des virtualités qui pré-conceptualisent ce réel.

Conclusion : linéarité et cyclicité dans le récit

La définition que nous avons donc choisie pour délimiter le récit s'articule donc autour de trois axes principaux. En premier lieu, le récit est *structuré* : il présente diverses structures reconnaissables qui permettent de le « *détecter* » dans le discours. Cette structure est vue différemment selon les narratologues, mais nous avons choisi de considérer que le récit suit une organisation en trois étapes : état initial, changement/rupture, état final. Le récit serait ainsi ce qui relate « *ce qui s'est produit* », autour d'un événement central, considéré comme point de *rupture* dans la normativité du monde.

C'est d'ailleurs sur cette particularité du récit que Bruner (2002) insiste dans sa définition du récit : le récit est donc le *changement* qui survient dans la stabilité.

Mais nous nous appuyons également sur le concept de triple *mimesis* développé par Ricœur (1984). Le récit se définirait dès lors par la *mise en intrigue* qui s'y met en place. C'est autour de cette mise en intrigue que s'articulent les événements : il y a configuration des événements et du temps par la mise en intrigue.

Une telle définition du récit nous permettra donc de procéder à une sorte de recherche systématique dans le discours du médiateur de terrain. Mais nous devons également pousser plus loin notre analyse de la mise en récit, notamment sur ses capacités heuristiques. En quoi le récit permet-il de construire des savoirs scientifiques ? Et dans les situations que nous étudions en particulier, en quoi le récit permet-il de mettre en œuvre ces savoirs dans le cadre d'une activité géologique sur le terrain ? Il s'agit donc pour nous maintenant d'explorer les fonctions heuristiques du récit dans le cas spécifique de nos situations de géologie

de terrain.

3.3 LE RÉCIT ET LA CONSTRUCTION DES SAVOIRS SCIENTIFIQUES

Depuis quelques années, la question de l'utilisation du récit dans le cadre de l'enseignement des sciences s'est posée sous de nombreux aspects. La mise en œuvre du récit dans la démarche de problématisation, l'explication scientifique, ou la représentation du monde sont des thématiques de recherche qui ont été engagées dans différents laboratoires de didactique des sciences. Des travaux de chercheurs du S2HEP [16] qui ont fait du récit un de leur principal axe de recherches, nous aideront dans la construction de notre questionnement [17].

Dans cette partie, nous présentons, en premier lieu, les *fonctions du récit* dans le contexte de mobilisation de savoirs scientifiques. Nous voyons ensuite en quoi le récit répond à une des contraintes essentielles de nos situations : la *narration des temps géologiques*.

3.3.1 Les fonctions du récit

Les fonctions du récit se construisent autour de trois axes qui constituent selon nous les trois perspectives épistémologiques majeures de la science dans son rapport au monde (Triquet et Bruguière, 2014 ; Triquet, 2012, 2011, 2007) : (a) récit et questionnement (b) récit et explication (c) récit et représentation du monde.

3.3.1.1 Récit et problématisation : la dimension heuristique du récit

Le récit nous confronte au monde qui nous entoure et nous pousse à des questionnements sur la réalité de ce monde. Mais il ne s'agit pas pour nous de limiter le récit à une conception « de sens commun » qui, selon Bruner (2002, p. 10) « *croit dur comme fer que la forme de l'histoire n'est rien d'autre qu'une fenêtre ouverte sur la réalité* ». Bien au contraire, le récit serait « *un moule qui* [...] *impose sa forme* [à la réalité] (Bruner, 2002, p. 10). En stimulant la tension entre faits et

16. L'équipe d'accueil Sciences, Société, Historicité, Éducation et Pratiques (S2HEP) est sous la tutelle de l'Université Claude Bernard Lyon 1. Le S2HEP est un laboratoire interdisciplinaire regroupant didacticiens, historiens, philosophes, sociologues, anthropologues des sciences et spécialistes des sciences de l'information et de la communication. Le laboratoire S2HEP est officiellement reconnu comme une équipe d'accueil - EA 4148. C'est le laboratoire qui nous a accueilli pour réaliser cette thèse.

17. Les travaux menés sur Lewis (1973, 1978, 1983, 2007) par ces chercheurs nous permettront notamment de réfléchir au problème des mondes possibles dans le cas de la géologie historique mais aussi à la *contrefactualité* envisagée pour les temps géologiques.

idées, il organise la discordance, le décalage, il soulève ce qui pose problème. Et en créant une rupture dans le cours des choses (Bruner, 2002), il raconte l'inattendu. De ce point de vue, le récit joue un rôle parfaitement subversif : il se construit presque systématiquement dans une remise en cause de la canonicité du monde. A chaque récit qui débute se prépare un bouleversement de ce qui va de soi. Le récit chamboule la stabilité en créant une brèche dans le cours continu des événements :

> « *une histoire commence lorsqu'apparaît une sorte de brèche dans l'ordre des choses auquel nous nous attendons : nous retrouvons ici la* peripetia *d'Aristote* » (Bruner, 2002, p. 19).

L'action de l'histoire présentée correspond aux efforts des personnages pour faire avec ou bien pour accepter cette brèche et ses conséquences. C'est parce que « *quelque chose va de travers* » que le récit se met en place, *« sinon, il n'y a rien à raconter* » (Bruner, 2002, p. 19). Et c'est aussi du fait que le récit est *« extrêmement sensible à tout ce qui contrarie notre sens du normal* » (Bruner, 2002, p. 17) que Bruner se demande s'il ne serait pas également « *une arme de défense contre les surprises de la vie* ? » (Bruner, 2002, p. 29).

La dimension *subversive* du récit attire notre attention : le récit nous pousserait à aller au-delà de nos propres questionnements sur le monde et nous conduirait ainsi à penser ce qui « *devrait être* » et ce qui *« pourrait ne pas être* ». Il nous pousse à chercher à comprendre ce qui déroge à la règle, et nous amène à réintégrer le tout dans un nouvel ordre des choses. Par sa capacité à « *subjonctiviser* » ce qui parait aller de soi, le récit construit la dépendance du monde et sa subordination à un ensemble de conventions, de normes, de règles. Mais par subjonctivation, il stimule également l'affect et est donc capable d'engager dans l'histoire l'émotion, le dramatique, le surprenant, l'insolite.

Enfin, en engageant la subjectivité, il provoque le doute, l'incertitude mais aussi la potentialité (« *être ou ne pas être* » (Shakespeare, 1603)). Il permet de ce fait de questionner le monde dans ce qu'il a de « *possible* » ou d'« *impossible* », de « *nécessaire* » ou de « *contingent* ». La tension narrative, mise en scène par le récit autour de la « *mise en intrigue* » amène ainsi à envisager les mondes possibles dans leur « alternativité ».

Diverses recherches en didactique des sciences ont mis en évidence la dimension heuristique du récit et sa capacité en engager des questionnements sur le monde. Bruguière et Triquet (2012) ont étudié le rôle que pouvaient jouer les récits de fiction réalistes dans les albums jeunesse : ils ont ainsi montré « *la présence récurrente d'un énoncé qui cristallise le nœud cognitif de l'histoire. C'est autour de lui que s'articule le questionnement scientifique et épistémologique* [...] » (Bruguière et Triquet, 2012, p. 8). Les auteurs mettent ainsi en évidence, en reprenant les termes de Bishop (1997) la capacité du récit à agir comme un véritable « "catalyseur" *pour penser les problèmes scientifiques* » (Bruguière et Triquet, 2012, p. 14). D'autres

travaux de ces auteurs ont mis en évidence les *« fonctions problématiques du récit dans les apprentissages scientifiques »* (Triquet et Bruguière, 2014, p. 22). En s'appuyant sur les travaux cruciaux de Astolfi et Peterfalvi (1993) sur les obstacles, ils mettent en lumière « *des points de convergence entre ce qui fait obstacle à l'apprentissage et ce qui engage les élèves dans la construction des problèmes* » Triquet et Bruguière (2014, p. 22). C'est donc au travers de l'intrigue que semble pouvoir être mis en œuvre la recherche de ce qui pose problème. Le récit engage alors, par mise en œuvre d'un questionnement, l'exploration des possibles et la recherche des conditions de possibilité des événements (Bruguière et Triquet, 2012).

Les travaux de Lhoste *et al.* (2011) ont montré pour leur part que la mise en récit, mettant en jeu la mimesis II (ou mise en intrigue) telle que la présente Ricœur (1984) est à rapprocher de l'activité de problématisation. La mise en intrigue serait effectivement apte à « *faire surgir l'intelligible de l'accidentel, l'universel du singulier, le nécessaire ou le vraisemblable de l'épisodique »* (Ricœur, 1983, p. 85). La tension narrative entre faits et idées, engagée par la mise en intrigue, même si elle ne suit pas le même but que l'explication scientifique renvoie à la distinction entre *contraintes empiriques et nécessités sur le modèle* que nous avons présenté en section 2.1.2 page 115.

Le récit pousse donc au questionnement. Un questionnement subjectif, individuel, mais aussi collectif, car il engage la réflexion sur des « *problèmes partagés* » de l'humanité. Bien davantage qu'un moyen de résoudre des problèmes, il est aussi en mesure de les détecter, de les « *soulever* » et de les amener à l'analyse polémique. Car le récit conduit aussi à la compréhension de ce qui se produit dans le monde : non seulement il guide nos *explications* sur le monde, mais il nous dit comment il construit ses explications sur le monde.

3.3.1.2 Récit et explication : le récit pour résoudre un problème

Le récit répond également à une exigence de nos préoccupations sur le monde : « *il nous fait comprendre* ». En d'autres termes il *explique*. Il ne fait pas que révéler les problèmes : il s'y attaque en « *domptant les ruptures* » :

> « *Concevoir une histoire, c'est le moyen dont nous disposons pour affronter les surprises, les hasards de la condition humaine, mais aussi pour remédier à la prise insuffisante que nous avons sur cette condition. Les histoires font que ce qui est inattendu nous semble moins surprenant, moins inquiétant : elles domestiquent l'inattendu, le rendent un peu plus ordinaire* » (Bruner, 2002, pp. 79-80).

En mobilisant l'« *explicatif* », le récit maintient la cohérence de notre culture du monde. Il nous porte dans cette culture qui « *nous dicte ce que nous devons considérer comme ordinaire* » (Bruner, 2002, p. 80). Par l'explication le récit

procède au ré-équilibrage de ce qui est décalé, dont le sens nous échappe ou qui semble extérieur à notre culture. La force du récit résiderait ainsi dans sa *« capacité à exprimer des idées jusque-là confinées dans les conventions du quotidien : ce qu'il convient de penser et de dire »* (Bruner, 2002, p. 23). En expliquant, le récit nous amène à rompre avec les conventions imposées par le sens commun.

Ricœur (1983) développe l'idée d'une « *intelligence narrative, issue d'une familiarité ininterrompue à travers l'histoire avec les modalités de mise en intrigue* » (Ricœur, 1984, p. 59). Cette intelligence narrative est mobilisée de façon quasi systématique pour se confronter à ce qu'il y a à comprendre du monde. Le récit serait donc ce que l'humain mobilise automatiquement dès lors qu'il est poussé à expliquer le monde dans lequel il évolue.

Sans aller jusqu'à considérer comme (Barthes, 1966) que « *tout est récit* », il faut noter cette volonté du récit à vouloir donner presque systématiquement du *sens* à notre monde : il « *veut* » *organiser* le monde et nous encourage en quelque sorte à y « *voir plus clair* » là où nous ne voyons plus parce que l'habitude, la routine a pris le dessus sur notre curiosité envers le monde. Ainsi, « *comprendre le récit, ce n'est pas seulement suivre le dévidement de l'histoire, c'est aussi y reconnaitre des "étages", projeter les enchainements horizontaux du "fil" narratif sur un axe implicitement vertical »* (Barthes, 1966, p. 5). Les récits organisent hiérarchiquement le monde : il découpe l'histoire en segments narratifs (ce que (Barthes, 1966, p. 5) définit par « *unités narratives* ») et les met en relation. Par « *distribution* » (sur un même niveau) ou par « *intégration* » (d'un niveau à l'autre) (Théorie des niveaux, Benveniste, in Barthes, 1966, p 5), le récit construit du sens par mise en corrélation des segments narratifs (Barthes, 1966, p. 7).

Mais si le récit mobilise l'explication, il convient de savoir avec précision de quel *type* cette explication relève. Le récit historique par exemple ne construit pas ses explications de la même façon que le récit de fiction, le récit de science (Triquet et Bruguière, 2014 ; Bruguière et Triquet, 2012)... Inversement, il semblerait même que ce soit plutôt le type d'explication engagée qui permette de préciser la forme du récit.

Le récit est engagé dans un cycle stabilité/changement, ou cycle mimétique de Ricœur. Il pose les problèmes et les résout au travers d'une « *cyclicité narrative* », entre questions et réponses, problèmes et solutions. Il fournit des explications sur le monde, dans le sens où il répond en particulier aux questionnements scientifiques, et nous dit comment il met en œuvre ces explications scientifiques.

Mais quoi qu'il en soit, si des explications sont engagées dans le récit, c'est qu'il y a mise en œuvre d'une recherche de la causalité. Car chercher à comprendre revient à chercher pourquoi ce qui s'est produit s'est « *réellement* » produit. Il s'agit donc, dans une explication, de *mettre en cohérence* nos abstractions « *prédictives* », plus ou moins intuitives et/ou construites avec les faits « *actualisés* » du monde.

3.3.1.3 Récit et représentation du monde

Le récit ne peut être réduit à une description du réel. Il faudrait le considérer bien davantage comme un outil de projection de l'imagination Eco (1989, 1992). Mais en cela le récit ne dit pas vraiment ce qu'il dit : il est davantage dans un rapport de « *mimesis* » avec le monde (Ricœur, 1983, 1984). Pour cela il peut jouer avec certaines formes d'analogies ; mais surtout, il se réfère au monde de façon *métaphorique* (Ricœur, 1975). En projetant le sujet dans le virtuel ou l'irréel, le récit pousse à se représenter le monde au-delà de la simple perception. Il mobilise pour cela des mondes alternatifs, qui prennent naissance dans des approches fictionnelles qui construisent des « *mondes possibles* » (Hintikka, 989 ; Lewis, 2007). Ainsi, par la fiction, le récit nous amène dans un jeu de « *faire-semblant* » (Pelletier, 2006, p. 71). En augmentant la flexibilité de notre capacité imaginative (Schaeffer, 1999) il rend possible notre compréhension de la réalité. Il nous pousse à une sorte *d'immersion* dans un imaginaire partagé : dès lors, immergés dans cet univers d'abstraction, il nous conduit à imaginer des possibles et à considérer ce qui a pu être, ce qui n'a pas pu être, ce qui aurait pu ne pas être, et ce qui ne peut pas ne pas avoir été. Cette exploration abstraite, nous le voyons, revient à rechercher le *possible* et/ou *l'impossible*, le *nécessaire* et/ou le *contingent*. De ce point de vue, grâce à la fiction, le récit ne serait-il pas plus efficace dans la compréhension du monde que le simple discours informatif ou le discours scientifique canonique ? C'est l'hypothèse que nous formulons.

Nous pouvons pour cela faire appel à un grand défenseur de la fiction, Schaeffer, qui considère que celle-ci, loin de se cantonner à des univers irréels, est en mesure de nous aider à *percevoir*, *apprendre*, *comprendre* et *connaitre* le monde (in Dulguerova, 2001, p. 170). Schaeffer s'oppose surtout au « *théories purement littéraires de la fiction* » et souhaite rendre compte de ses dimensions psychologique, ludique et cognitive (Dulguerova, 2001, p. 178). Mais Schaeffer pose avec force la conviction qu'il faut déconstruire deux préjugés toujours présents à propos de la fiction : « *le tout-virtuel* » et *« son contraire, l'exclusion "puritaine" de la fiction de la sphère pratique* » (Dulguerova, 2001, p. 178). Il faut ainsi non seulement « *démystifier la menace du "tout-virtuel"* » mais également s'opposer fermement à une vision réaliste et spontanée du monde présent. En effet, si l'on ne peut réduire le monde à la seule somme des objets de notre concret, il n'est pas raisonnable non plus de le considérer comme une totale construction abstraite. La fiction pose ainsi parfaitement, selon Schaeffer (1999), la question du lien de *nécessité* qui existe entre nos abstractions sur le monde et les constructions que nous faisons à propos de l'empirie.

Nous devons également anticiper sur les abus que l'on peut faire du récit dans nos explications sur le monde. Car, si le recours au récit est à la fois accessible et pertinent dans la plupart des situations de confrontation au monde qui nous

entoure, il devient par conséquent une sorte de « *factotum* » narratif : il est utilisable en toutes situations, il sait tout faire. Comme si, de pouvoir compter sur lui en toutes circonstances, nous étions sûrs de nous tirer de toutes les situations où nous devons mettre de l'ordre et du sens dans notre vision du monde. Un tel recours abusif au récit est abordé dans l'ouvrage de Salmon (2016) qui décrit, au travers du « *Storytelling* » les usages notamment politiques et commerciaux. Cet aspect peut éclairer nos recherches dans la mesure où le grand développement récent des docu-fictions ou des séries télévisées, qui mobilisent des visions très techno-scientifiques voire même scientistes du monde, relève d'une problématique de *médiation des savoirs scientifiques*. Ne voit-on pas apparaitre là les limites du récit ? Ou bien comme le disait Barthes (1966, p. 1): « *Une telle universalité du récit doit-elle faire conclure à son insignifiance ?* ». Assurément non, comme insiste d'ailleurs Barthes qui nous invite à mesurer l'importance de l'approche structuraliste dans l'analyse du récit.

En conclusion, le récit répond à certaines des exigences les plus importantes dans cette construction des savoirs : questionner/problématiser, expliquer et se représenter le monde.

Mais en quoi le récit constitue-t-il un outil de construction des savoirs scientifiques ? Dans quelle mesure peut-il répondre au besoin d'organiser les événements et le temps le long d'une histoire géologique ?

Nous devons aller plus loin et considérer que le récit ne se réduit pas à une organisation et à une « sémantique » du monde : il est plus que cela. Il est au cœur de notre culture, dans presque tous les champs disciplinaires ; mais, quelque soit la discipline qui y a recours, c'est *son rapport au temps* qui semble le rendre si nécessaire. C'est probablement pour cette raison que l'Histoire nous vient instinctivement à l'esprit sous la forme d'un récit (historique). Les biographies, les expériences vécues et racontées, s'inscrivent de façon caractéristique dans la temporalité.

Ne pouvons-nous pas imaginer dès lors, que le récit soit la forme privilégiée de toute reconstitution historique quelle qu'elles soient ? S'il s'agit d'organiser de façon rationnelle des événements dans le temps, le récit n'est-il pas l'outil le plus adapté ?

Répondre à une telle question suppose que nous ayons pris en compte un facteur fondamental qui s'impose à une approche chronologique : le temps. Nous pourrons alors préciser en quoi le récit représente « *une narration du temps* ». Nous serons ensuite à même de dire dans quelle mesure le récit permet la construction des savoirs des sciences historiques.

3.3.2 Le récit : une narration du temps

Les travaux de Ricœur sur le récit et le temps nous permettent d'envisager la problématique du temps dans les reconstitutions historiques. Mais nous ne

limiterons pas à la seule dimension historique que peut prendre en charge le récit. Ricœur (1983) a d'ailleurs nourri, dans les trois tomes de son ouvrage, une réflexion qui va bien au-delà du récit historique. Il questionne notamment le récit de fiction, qui nous intéressent particulièrement : nous l'avons dit, en nous appuyant sur Schaeffer (1999), la fiction nous parle du réel mais aussi de bien plus que du réel. Nous serons ainsi amenés à analyser comment fiction et récit s'articulent pour produire des reconstitutions historiques. L'enjeu principal tournant autour de deux axes majeurs : la *construction du réel* (dans le but de produire des indices exploitables) et la *reconstitution d'une histoire* (à partir des indices).

3.3.2.1 Configurer les événements dans le temps : une première approche des trois mimesis

Rechercher le temps « *dans* » le récit est indubitablement une erreur. On se perdait à vouloir y découvrir un temps absolu, qui viendrait du réel et qui se retrouverait dans le récit, imprégnant les événements et se dévidant, tel un sablier, en un flot continu le long duquel le monde se raconterait. Le temps n'est pas « *dans* » le récit, nous pourrions dire qu'il en « *émerge* ». Comme Bachelard (1931, 1937) (pour qui seul l'instant est perceptible) et Ricœur (1983) (qui défend l'idée d'une phénoménologie du temps pour faire face à l'« *aporétique du temps* ») nous considérons que le temps est une réalité insaisissable. Cela conduit à reconnaitre au récit un pouvoir d'agencement et de réflexion sur le temps. Le récit serait le moyen de donner sens au temps.

Nous suivons ainsi la thèse de Ricœur qui consiste à dire que le temps est « *configuré* » au travers du récit (Ricœur, 1984). Cela signifie que le récit est réfléchi dans son rapport à l'Homme, notamment parce que ce dernier recherche le sens de ce *temps vécu* que ses propres perceptions ne lui procurent pas.

Le récit est également considéré en tant que « *médiation narrative* » : il est une « *imitation créatrice de l'action* ». Ricœur (1983) reprend la *Poétique* d'Aristote et sa mimesis afin de soulever la problématique temporelle dans la théorie du récit. Il considère que le récit est la médiation entre un amont (*mimesis I*) et un aval (*mimesisIII*) de la mise en intrigue, « *entre le temps* "préfiguré*" et le temps "*refiguré*" par l'intermédiaire du temps "*configuré" » (Dubied, 2016, p. 47). *Mimesis II* représente pour Ricœur (1984) la configuration du temps dans la configuration des événements. C'est le passage entre un « *avant texte* » et un « *après texte* » qui se construit par la mise en intrigue.

Le récit se structure donc autour de la mise en intrigue qui aménage ainsi un « *cercle mimétique* », ce que Ricœur (1983) désigne par « *Le cercle entre récit et temporalité* » (Ricœur, 1983, p. 16).

3.3.2.2 Récit et « épaisseur du temps » : construire la durée

Le temps n'existant pas « *en lui-même* », il se construit au travers du récit qui configure les événements. Ou, pour être plus précis, le récit donne naissance aux événements dans une configuration à l'origine d'un « *temps raconté* ». Notre hypothèse consiste donc en une sorte d'inversion des conceptions de sens commun à propos du temps : le temps n'existe pas en tant que tel ; il n'est pas le récipient dans lequel se produisent les événements du monde. Il est une construction issue d'un « *virtuel narrativisé* » c'est à dire organisé par le récit. Les événements, configurés autour de la mise en intrigue, développent des relations de nécessité et de contingence qui donne corps au temps. Le temps émerge de cette construction rationnelle des relations entre événements. Hors de ces relations le temps ne peut se construire autrement que de façon « *magique* ». En effet, quelle explication pourrait se construire à propos d'événements entre lesquels aucuns liens se semblent s'établir ? Quelle temporalité pourrait émerger d'une telle situation « *non-configurée* » ? Aucune, si ce n'est une sorte de « *temps positif* » ou un « *temps empirique* » qu'il suffirait de scruter pour s'en faire une idée.

Nous considérons bien au contraire que le temps prend forme *par le récit*. Et nous allons même plus loin dans notre hypothèse en formulant l'idée que c'est sur ce processus narratif (temps raconté par la configuration des événements) que peut être mise en œuvre une véritable « *rationalité narrative* ». Nous entendons par « *rationalité narrative* » la construction des raisons qui font que l'histoire ne peut se réduire à une simple cohérence avec les « *faits empiriques* ». En se soumettant aux contraintes de nécessité des événements entre eux, et en envisageant une articulation des « *possibles* » et des « *impossibles* », le récit détermine une sorte de parcours contingent le long duquel se construit une « *durabilité dirigée* ».

Cette « *durabilité dirigée* » renvoie à deux aspects fondamentaux du récit :

- *Durer, c'est être (toujours) présent* (« *hic et nunc* »). La durée est pensée en référence à l'instant. Cela suppose que la pensée renvoie « *ce qui est* » à « *ce qui était* ». Car si l'humain peut considérer que les objets du monde sensible ont existé dans le passé, c'est de par sa capacité de mémorisation. Cela nous renvoie ainsi à un deuxième aspect de la durabilité.
- *Durer, c'est persister au cours du temps*. La durée est pensée dans son épaisseur, dans sa somme d'instants. La durabilité est donc une caractéristique que l'on prête aux indices géologiques. Seuls les objets géologiques qui ont été préservés sont susceptibles de fournir des indices pour reconstituer une histoire. Le réel de sens commun se satisfait en général de considérer que le monde est fait d'objets qui « durent » dans le temps. Nous dirions plutôt que le temps existe pour l'être humain du fait qu'il construit son concept de temps à partir de ses récits des choses du monde.

Or nous avons évoqué plus haut que construire la durée, c'est produire en quelque

sorte la matière épaisse du temps à partir des instants perçus. Le point de contact entre récit historique et réel semble ainsi se situer dans la capacité que nous avons à percevoir les instants. Dans l'actuel, l'instant prend sens dans une phénoménologie du réel telle que nous l'avons déjà présentée. Mais dans le non-actuel, l'instant se construit au travers de virtualités qui ne peuvent être produite que par une transposition, dans le passé, des règles de causalité. Mais, attribuer au *passé* les règles *actuelles* de mise en œuvre de la causalité ne revient-il pas à ce que nous avons défini auparavant comme « *l'actualisme* » ?

C'est donc là une nouvelle hypothèse de travail que nous nous fixons : *le récit met en œuvre des formes de causalité qu'il transporte vers le passé*. Nous souhaitons rapprocher ce transport vers le passé que représente l'actualisme, d'une procédure narrative répandue : *l'analepse*. En quoi cette procédure fait-elle échos à l'actualisme et comment devient-elle un obstacle à la mise en œuvre d'une causalité exigeante ?

3.3.2.3 Une procédure narrative pour explorer le temps : l'analepse

Si nous souhaitons faire un lien entre analepse et actualisme, c'est que nous considérons que dans le contexte de la médiation, remonter le temps se fait par des procédures qui relève de la narration. Les analepses (Genette, 1972, 2004) correspondent à ces « *sauts en arrière* » que l'on connait dans une très grande variété de récits. Ce sont les « *flashbacks* » qui renvoient à l'origine des faits, au début de l'histoire, ou bien juste un peu avant une scène.

Cet « *envoi* » vers le passé de la causalité se fait d'après nous selon deux modalités différentes :

Par analogie : dans ce cas, il y a reconstitution d'une « *phénoménologie passée* ». Il s'agit de reconstituer « *par analogie* » le processus d'actualisation du phénomène, ou, pour le dire plus simplement, déterminer les conditions qui l'ont fait s'accomplir. A ce niveau phénoménologique, la temporalité n'intervient pas, ou alors seulement de manière « non-contraignante ».

Par rétrodiction : dans ce cas, il y a mise en œuvre d'une *intra-temporalité*, qui impose deux contraintes à la reconstitution historique, la *databilité* et *l'historialité*.

- ≻ Par *databilité* nous entendons inscription dans les temps linéaires. La datation conduit ainsi à une valeur absolue (datation absolue) ou relative (datation relative). Le transfert vers le passé est donc quantifié : il permet de mesurer un temps quantitatif.
- ≻ Par *historialité* nous entendons succession d'événements. C'est le premier niveau de structuration du récit : la succession des événements le long du récit impose une contrainte de cohérence. Ainsi, une logique relie les événements en lien le long du récit. Mais ce n'est

> pas tant la succession des événements les uns à la suite des autres qui représente une contrainte. C'est plutôt une forme d'antériorité qui crée une tension entre les événements.

Prenons un exemple pour illustrer ces deux formes de causalité : face à des traces de pas dans la neige, le détective use de la *contrainte d'antériorité* pour poser comme nécessaire que la neige soit tombée avant le passage de la personne responsable des traces de pas. Il réfléchit par rétrodiction : les traces de pas conduisent à définir comme nécessaire la présence de neige avant le passage de la personne. Nous sommes là dans un contexte de mise en œuvre d'une causalité temporelle, qui permet d'inférer un événement condition de possibilité : il a neigé avant que la personne ne passe. Pour le détective, cette inférence est double : elle renseigne sur le fait qu'une personne est passée, et elle renseigne également sur l'heure possible à laquelle cette personne est passée. Le fait qu'il ait neigé et que des traces de pas se soit imprimées dans la neige relève d'une autre forme de nécessité : cela relève qu'une phénoménologie selon laquelle une chaussure dans la neige laisse une trace.

Les analepses représentent donc des procédures narratives destinées à remonter le temps à la recherche des causes des événements. Ce retour vers le passé nous intéresse dans la mesure où il fait échos à l'actualisme. Nous avons notamment montré que les analepses permettent la construction phénoménologique des événements passés. Mais elles permettent également d'engager des formes de rétrodiction qui, en mobilisant l'antériorité, contraint la reconstitution historique.

Conclusion

Le récit ne peut donc se réduire à une simple narration mettant en œuvre des événements bien ordonnés. Au delà d'une « *histoire racontée* », il peut répondre aux contraintes épistémologiques et didactiques importantes de la sciences. Il engage en effet les *questionnements* sur le monde et met en place des *explications*. En ouvrant à la recherche des possibles, il aide à la construction de nos *représentations* sur le monde. De ce point de vue, ses capacités heuristiques en font un outil pertinent de reconstitution scientifiques des événements du passé. Il ne s'agit pas dès lors avec le récit, de « *raconter une histoire* », mais de mobiliser des savoirs scientifiques dans un cadre ordonné, « *configuré* ».

Cet configuration des événements et du temps conduit notamment à ce que nous avons désigné par la « *narration du temps* », qui suppose que le *temps vécu* qui se met en place dans le récit soit en fait une construction issue de l'organisation cohérente des événements dans une linéarité dirigée et irrémédiable, autrement dit : une construction des *temps linéaires*. Nous émettons ainsi l'hypothèse que le récit met en œuvre une configuration des événements qui conduit à produire les temps linéaires, qui émergent du récit.

Ce sont les temps du récit qui nous rendent la temporalité du monde accessible.

Mais si l'histoire se construit grâce à une narration du temps, il nous reste à questionner l'imaginaire qui est mobilisé pour envisager les possibles temporels dans les explications historiques. Alors que l'histoire tente de raconter ce qui s'est « réellement » accompli dans le passé, la fiction sollicite l'imagination et donne ainsi accès aux virtualités, que nous avons désignées comme du « *non-actuel* ». Comment ces virtualités de terrain que sont le temps et les concepts géologiques sont-ils pris en charge dans la médiation de terrain ? Comment s'articulent dès lors *l'imaginaire* et le *réel de terrain* ? Ou pour le dire autrement : Comment, au sein du discours de médiation, se co-construisent la fiction et l'histoire ?

3.4 LA FICTION ET L'HISTOIRE : ENTRE VIRTUEL ET PROBABLE, L'EXPLORATION DES POSSIBLES

Dans une note de lecture Dulguerova (2001) nous présente l'un des ouvrages majeurs qui va nous guider dans notre analyse de la fiction : Schaeffer (1999). Dès l'introduction nous adhérons d'emblée au propos qui consiste à vouloir sortir la fiction de son univers uniquement narratif pour en faire *« une des modalités inhérentes à l'être humain, par laquelle il perçoit, apprend, comprend et connait le monde »* Dulguerova (2001, p. 169). C'est sur cette approche que défend Schaeffer que nous nous appuierons dans les lignes qui suivent. Mais nous remarquons cependant, dans cette introduction de Dulguerova un avertissement quant au cadre de mise en œuvre de la fiction :

> « *Pourquoi la fiction ? Parce qu'elle divertit et nous apporte un plaisir esthétique, une satisfaction capable d'enlever le sentiment d'angoisse et d'insécurité. À condition toutefois qu'elle ne quitte pas la sphère artistique et littéraire* » (Dulguerova, 2001, p. 169).

Cette dernière phrase semble montrer qu'il est difficile de concevoir la fiction (comme le récit d'ailleurs) en dehors du champs littéraire. Notre approche va résolument à l'encontre de telles considérations. Nous souhaitons en effet montrer, en nous appuyant sur deux auteurs clé Lewis (2007) et Schaeffer (1999), mais également sur Aït-Touati (2011) que la fiction est bien davantage un mode d'accès au monde réel qu'une simple fantaisie littéraire qui ouvre sur l'irréel.

Ces deux auteurs, quoiqu'ayant des approches différentes, nous permettrons d'évoquer ces différents rôles de la fiction dans la mise en œuvre d'une véritable exploration du monde autour de deux axes : (a) la médiation fictionnelle ; (b) la construction de la temporalité des mondes possibles dans le récit de fiction et le

récit historique.

3.4.1 Médiation fictionnelle

Notre objectif dans cette dernière partie sur le récit est de montrer que la fiction est un dispositif de *modélisation du monde*. Mais nous souhaitons montrer surtout que ce dispositif peut prendre en charge les contraintes de *temporalité* qui s'imposent dans le cadre des reconstitutions historiques. Pour cela nous aurons à définir précisément la fiction, en la sortant notamment du carcan littéraire dans lequel elle se trouve souvent confinée. Nous la présenterons aussi dans son cadre *médiatique*, en tant que processus de communication. Enfin, après avoir précisé en quoi la fiction est une forme de *mimesis*, nous envisagerons notre problématique de la temporalité des mondes possibles qui dépend selon nous directement de la mise en scène du *non-actuel* dans les situations d'*immersion fictionnelle*.

3.4.1.1 La fiction : définition

Le terme « fiction » vient du latin « *fingere* » = feindre. Il désigne à la fois, « *l'invention de choses fictives* » et « *le mensonge et la dissimulation* »[18]. Cette définition montre bien les *a priori* que l'on prête à la fiction : elle serait invention et donc sans rapport avec le réel ; elle serait également un mensonge dans l'intention délibérée de nous tromper. Autant de qualificatifs péjoratifs desquels il va falloir extraire la fiction. C'est ce que fait avec force Schaeffer (1999) dans son ouvrage « *Pourquoi la fiction ?* », dans lequel il défend l'idée de la fiction comme *« une des modalités inhérentes à l'être humain, par laquelle il perçoit, apprend, comprend et connaît le monde* » (Dulguerova, 2001, pp. 169-170). Schaeffer déconstruit ainsi l'image d'une feintise malveillante que nous réserverait la fiction dans notre rapport au monde. En s'opposant à la vision craintive d'un mythe du tout-virtuel, et en excluant les postures ancrées dans le réalisme naïf, Schaeffer nous propose de comprendre les implications socio-culturelles de la *feintise fictionnelle* comme mode de mise en œuvre de la *mimesis*. Il reprend ainsi les considérations aristotéliciennes sur la mimesis et procède à son rapprochement avec un « *faire comme si* » qu'il confronte à la vision anti-mimétique de Platon.

La définition que l'on gardera donc de la fiction est celle qui désigne la mise en œuvre d'une *feintise* dans les *activités mimétiques* et ce dans un contexte d'*immersion ludique*.

18. in dictionnaire en ligne Littré : *https://www.littre.org/definition/fiction* ; consulté en novembre 2018

3.4.1.2 La mise en œuvre de la fiction comme médiation

Considérer que la fiction est un mode de médiation risque de nous faire prendre le problème à l'envers. En effet, il ne s'agit pas de rechercher dans les fictions (prises comme catégories littéraires habituelles – romans, films, ...) des caractéristiques qui en ferait un média.

Au contraire, nous envisageons, en suivant Schaeffer sur ce point, de considérer la fiction depuis une perspective extérieur à son support narratif. Et de ce fait, c'est par l'intermédiaire d'un *contrat* que la fiction devient média. Il y a dès lors mise en jeu d'une double reconnaissance de la fiction : au travers de sa conception et de sa réception. Car dans l'approche constructiviste de Schaeffer, la fiction est *intentionnelle* et elle n'est pas aveugle : elle ne cache pas sa volonté de leurrer le spectateur (de ce point de vue ses intentions sont clairement explicitée) et elle sait où elle va, elle se projette.

S'engager dans la fiction, comme producteur ou comme récepteur, c'est accepter délibérément d'être *leurré*. Cette situation ne se construit donc pas sur le mensonge, car elle est clairement définie par une acceptation de chacun à être berné. Cette adhésion reste libre : il n'est pas question de s'y soumettre sous la contrainte. C'est en cela que la fiction se différencie du mythe ou de la légende, qui d'une certaine manière ne laisse pas la possibilité de ne pas y croire. Le contrat de fiction donne donc comme acceptable une mise en scène d'une *feintise* qui se déclare comme telle (Schaeffer, 1999).

Le contrat de fiction suppose un certain nombre de conditions de mise en œuvre de la feintise, et notamment celle qui consiste en un partage de la narration qui supporte la fiction. En effet, cette feintise repose sur une *énonciation* qui actualise la fiction au sein d'un acte de communication. Par *l'énonciation*, la feintise officialise un jeu narratif qui organise un nouveau mode de rapport au monde. Nos représentations du réel, sont ainsi bousculées et re-configurées par la fiction, considérée dès lors comme « *un genre de réalité* » (Schaeffer, 1999, p. 212).

3.4.2 La fiction et l'histoire : la temporalité des mondes possibles

Nous souhaitons montrer ici que la fiction, alors qu'elle est presque systématiquement opposée à l'histoire[19] peut représenter un mode de construction des mondes possibles *dans un contexte de reconstitution historique*. Mais nous envisageons d'aller plus loin encore dans notre hypothèse en proposant que la fiction donne accès à la *temporalité* parfois complexe qui contraint l'histoire. Car, comme nous avons pu le montrer plus haut, il est impossible de réduire l'histoire à sa temporalité

19. ... y compris par Ricœur (1984) qui traite fiction et histoire différemment dans « *Temps et récit* ».

linéaire. La nécessité de temps cyclique et de temps long suppose d'avoir accès à une certaine complexité de cette temporalité. Nous considérons également que les rapports particuliers que la fiction a avec le *virtuel* (et aussi sa façon de le mettre en scène) sont de même nature que ceux que les sciences de l'empirie développent avec le *non-actuel* tel que nous l'avons défini en première partie. C'est ce que nous montrons dans les paragraphes suivants. Dans un premier temps nous présentons en quoi la mimesis dans son contexte fictionnel relève de ce que Schaeffer (1999) désigne par une « *feintise ludique partagée* ». Nous verrons ensuite comment l'immersion fictionnelle, en aménageant des cadres de pensées alternatifs, permet d'imaginer des *mondes possibles*. Nous évoquerons ainsi un problème clef et récurrent de la fiction : le *référentiel*. Enfin, nous re-positionnerons notre problématique dans le contexte des reconstitutions historiques et des contraintes de temporalité qui s'y imposent.

3.4.2.1 Fiction et *mimesis*

La fiction, contrairement à une idée très répandue, est profondément ancrée dans le réel : elle en est une transformation, une mutation partielle. Mais elle est avant tout un « *semblant de réel* » et c'est ce qui fait que, vis à vis de la fiction, se pose systématiquement la question de sa vraisemblance. Elle met en place un « *effet de réel* » (Barthes, 1968) en s'autorisant une certaine *souplesse* dans ses rapports avec le vraisemblable. Et c'est justement cette souplesse qui stimule la « *flexibilité de notre capacité imaginative* » (Schaeffer, 1999). Cet effet de réel passe principalement par une « *imitation* » de la réalité, mais qui ne se fait que de façon partielle. Il existe ainsi entre les mondes construits par la fiction et le monde réel une « *similarité relative* » (Lewis, 1973). C'est de cette similarité relative que semble dépendre les mondes possibles, que nous évoquerons dans la partie suivante (voir section 3.4.2.2). Mais avant cela il convient de préciser dans quelle mesure se mettent en place des analogies/ressemblances dans le processus de mimesis fictionnelle.

Schaeffer (1999) défend en effet l'idée d'un *mimétisme* qui relie la fiction et la connaissance du monde. Son approche anti-antimimétique mobilise la *mimesis* d'Aristote et en fait une modalité d'accès à la connaissance du monde, ou, pour le dire autrement, un *dispositif de modélisation du monde réel*. Ce dispositif, qui conduit à la construction de mondes nouveaux, passe par la mise en œuvre d'*imitations*, dont les unités fondamentales sont désignés par le terme de « *mimèmes* ». Parmi les cinq types fondamentaux de mimétismes que développe Schaeffer, deux nous paraissent pertinents pour évoquer nos situations : (a) le premier dérive des conceptions sur « *l'apprentissage par observation* » ; (b) le deuxième correspond aux procédés utilisés pour simuler le réel, au sens de « *modélisation* » comme on peut le faire dans les diverses activités scientifiques.

L'*apprentissage par observation* Ce mode d'apprentissage, principalement utilisé pour l'acquisition d'aptitudes techniques (mise en œuvre d'un programme sensori-moteur) peut être considéré à deux niveaux d'implication :

- Un niveau « phénoménologique comportemental » : il y a dans ce cas une imitation « de surface », par mise en scène de « standards mimétiques » destinés à produire une copie du comportement sans faire intervenir de système de régulation de l'acte vis à vis du résultat attendu. L'exemple que donne Schaeffer est celui de l'apprenti chasseur qui imite les gestes du bon chasseur. Il y a dans ce cas mise en œuvre d'un *mimétisme d'actes séquentiels,* engagés dans une linéarité non-questionnée (la portée de chaque acte mimétique n'est pas interrogée dans ses raisons ni dans les relations qu'il peut avoir avec les autres actes).
- Un niveau « structure organisationnelle » : il y a dans ce cas imitation « hiérarchique ». Chaque acte mimétique s'intègre dans un schéma de coordination motrice : il y a un organisation hiérarchique de chaque mimème qui développe avec les autres mimèmes des relations de signification. A la linéarité évoquée précédemment est substituée une rationalité qui correspond à la recherche des raisons d'agir de telle ou telle manière. Un tel mode mimétique est donc plus efficace qu'une séquence comportementale linéaire car elle peut être généralisée, c'est à dire ré-utilisée dans des contextes équivalents, ce que Schaeffer (1999) désigne par des « *ré-instanciations* ».

La modélisation Ce mode d'imitation peut être considéré comme une simulation, au sens de modélisation. Il y a dans ce cas reproduction « *des propriétés structurelles requises et des principes opératoires de l'entité que l'on veut simuler* » (Schaeffer, 1999, p. 76). Il y a ainsi homologie avec l'entité réelle car la simulation peut se substituer en partie au réel dans le cadre de réalisation d'expériences virtuelles. Cette modélisation se met en œuvre selon deux processus possibles :

- Modélisation nomologique : il y a simulation de règles d'engendrement abstraites. Il s'agit ici de simuler la mise en œuvre des lois/règles qui gouvernent le phénomène étudié. L'exemple type est celui du programme numérique de modélisation. L'objectif d'un tel modèle est en général opératoire et prédictif.
- Modélisation mimétique : L'objectif de ce type de modélisation est davantage cognitif. Il est censé nous apprendre quelque chose du monde au travers d'une simulation par ressemblance. C'est ce que

l'on désigne en général par modèles analogiques [20]

Il découle de ces types de mimétisme quatre conséquences importantes sur lesquelles nous souhaitons porter notre attention :

Un gain cognitif : la modélisation est en effet « *un moyen de passer du phénomène réalisé, perçu ou mesuré, en une entité plus fondamentale, plus unifiée, plus universelle : sa cause, son origine, sa raison profonde* » (Cadoz, 1994, p. 96). Schaeffer fait le lien ici avec l'opposition habituelle histoire/fiction : alors que l'histoire tente, par reconstitution d'événements singuliers, de représenter ce qui s'est réellement passé, le modèle mimétique engagé par la fiction représente les faits dans ce qu'ils ont de possible et de nécessaire.

Une économie représentationnelle : car par modélisation il y a réduction du nombre de paramètres pris en compte pour décrire la réalité.

Une manipulation de la réalité virtuelle : qui permet de faire fonctionner le modèle par la pensée sans avoir recours à l'expérimentation qui actualiserait ce virtuel.

Une possibilité de créer des objets virtuels par combinaisons de mimèmes : c'est là une fonction fondamentale de la modélisation mimétique qui a une valeur prédictive dans la mesure où elle permet d'anticiper, au sein d'un monde purement virtuel, un réel qui n'est pas actualisé. C'est selon ce mode que naissent les *inventions humaines*, qu'elles deviennent « réelles » (dans le sens commun de « concret ») par actualisation, ou bien qu'elles restent dans le champ des virtualités. C'est une conséquence fondamentale pour nos recherches car elle représente une situation insolite et pourtant caractéristique de ce que l'on a présenté auparavant : reconstituer l'histoire des structures observables dans la nature, en considérant que ces structures sont à la fois les indices et le résultat de cette histoire. Mais, ainsi que le présente Schaeffer (1999, p. 79) : « *alors que dans la simulation cognitive canonique, le virtuel représente la réalité, dans ce que l'on pourrait appeler la simulation projective c'est, comme Claude Cadoz l'a noté, "la réalité qui représente le fictif", puisqu'on assiste à une inversion de la relation causale entre actualité et virtualité* ». Cette inversion représente en fait un processus essentiel de *prescription du virtuel à destination de l'actuel*, que la didactique a beaucoup contribué à mettre en évidence, dans ce qu'elle désigne par « représentations ».

20. Il n'est pas envisagé ici de discuter du recours au terme « analogique » pour désigner ce type de ressemblance. Il est fort probable que la plupart de ces modèles relève en fait de l'homologie, dans la mesure où il n'y a pas similarité (au sens d'identité) mais ressemblance (au sens de similarité relative).

Table 3.4 – Les effets de l'activité mimétique

Gain cognitif	**Économie représentationnelle**	**Manipulation de la réalité virtuelle**	**Création d'objets virtuels par combinaison de mimèmes**
Mise en évidence du phénomène (cause, origine, raisons)	Réduction du nombre de paramètres qui permettent de décrire la réalité du phénomène	Mise en fonctionnement d'un modèle mimétique au sein de l'univers virtuel	Invention Les objets virtuels « précèdent » le réel

De ces conséquences qui découlent de l'activité mimétique, nous pouvons conclure que les virtualités qui y sont engagées possèdent des similarités très relatives avec le réel. En effet, les processus de « ressemblances » ne mettent pas en place des imitations « holistiques » du réel. Ce sont en fait des imitations partielles, incomplètes ou nous pourrions dire « *épurées* » et qui sont « *méthodologiquement* » présentées comme telles. Il s'agit effectivement, au travers de ces épures, de simuler des interactions et de tester leurs conséquences probables, sans avoir à recourir systématiquement à l'expérience directe Schaeffer (1999).

La mimesis représente dès lors cette capacité de l'humain à *simuler mentalement l'action*.

Mais allons plus loin : dans sa mise en œuvre dans un contexte narratif, la mimesis engage des processus d'imitation dont les finalités sont articulées autour de trois formes, qui peuvent se compléter (voir tableau 3.5 page suivante) :

La mimesis pour « ré-actualiser » le réel : c'est une imitation « technique », qui consiste en une ressemblance des processus de production de choses. L'objectif est de « *produire de nouveau* » l'objet ou le phénomène, ce que nous avons désigné par « ré-actualisation ». Une telle imitation relève donc d'une recherche ontologique. C'est le « *refaire pareil* » de l'apprentissage par observation.

La mimesis pour représenter le réel : l'imitation engage ici une modélisation mentale ou symbolique qui procède par cartographie isomorphe de la réalité.

La mimesis pour feindre le réel : La feintise suppose la production d'une chose prise pour la chose qu'elle imite. Le mimesis est dans ce cas fidèle mais partielle. Expliquons-nous sur ce paradoxe apparent : la mimesis est fidèle car elle ne laisse pas de doute sur l'objet-origine. Elle est partielle car elle ne prétend pas circonscrire la totalité des propriétés de l'objet,

elle n'en prélève que les éléments nécessaires à la constitution d'une illusion de similarité totale.

La mimesis par feintise est le processus central de fictionnalisation. Elle se construit selon Searle (1985) autour de la *feintise partagée* qui met ainsi en évidence la valeur consensuelle de la production et de la réception de la fiction Dulguerova (2001, p. 173). Mais cette dimension de partage de la fiction prend aussi du sens dans sa dimension communicationnelle : il s'agit non seulement de se mettre d'accord sur la fiction qui va être engagée, mais également se mettre d'accord sur le fait que « *c'est une fiction* ». Ainsi, dès lors que la fiction est officiellement déclarée comme telle, le leurre que représente l'imitation fictionnelle est dépourvu de toute malveillance. Au lieu d'une feintise sérieuse, qui chercherait à tromper insidieusement, la feintise se présente comme ludique et se déclare comme telle.

La mimesis par feintise ludique partagée prend donc des formes variées, qui dépendent des finalités recherchées. Nous les présentons dans le tableau 3.5.

Table 3.5 – Finalités de la mimesis fictionnelle

Ré-actualisation	**Représentation**	**Feintise ludique partagée**
Ré-instanciation Produire de nouveau Faire pareil que ... Faire comme	Modélisation mentale Modélisation symbolique Cartographie isomorphe	Faire prendre pour ... Faire comme si ... Faire croire tout en sachant que ...

La feintise ludique partagée permet donc de s'autoriser à imaginer des possibles afin de « penser le réel ». Elle conduit à envisager des mondes possibles, sur lesquels nous nous attardons maintenant.

3.4.2.2 Mondes fictionnels et mondes possibles

Le fait que la fiction ait une proximité systématique avec l'imaginaire et le virtuel pourrait laisser penser que toutes les formes d'abstraction relèvent de la fiction. Nous ne pouvons nous engager dans de telles considérations mais il est possible néanmoins d'envisager que les mondes de la fiction s'apparentent à ce que Lewis (2007) a développé autour des *mondes possibles*[21]. Lewis (2007) envisage en effet une théorie des mondes possibles, qu'il questionne dans leur mise en scène dans les fictions, et au sein desquels il met l'épreuve la logique modale. La question récurrente qui se pose est : Comment ce qui n'existe pas pourrait-il être réel ? (Murzilli, 2012). Il s'agit en fait de se demander si les énoncés de fiction ont une

21. La théorie des mondes possibles a été développée par Liebniz (1710) et reprise plus récemment pas différents auteurs. Nous nous appuyons principalement sur (Hintikka, 989)

valeur comparable du point de vue de leur réalité aux choses de l'expérience réelle. Lewis (2007) tente ainsi de problématiser le rapport fiction/réalité autour de la vérité des énoncés de fiction.

Les énoncés de fiction permettent d'engager des questionnements sur le « *non-actuel* » et de réfléchir à ses conditions de possibilité (ce qui relève du possible logique dans une approche de logique modale) et ces conditions d'existence (ce qui relève du possible ontologique). Ce que nous avons évoqué dans le détail dans la partie 1.1 prend ici une forme nouvelle dans la mesure où nous envisageons le « *non-actuel* » dans le cadre des mondes fictionnels. Ainsi, en reprenant Lewis (1978) et Ryan (2010) nous considérons que les mondes possibles sont mobilisés par la fiction, mais que l'on ne peut réduire la fiction à la seule construction de mondes possibles. Les mondes possibles sont en effet par définition des « *mondes logiquement possibles* », ce qui, en convoquant la logique modale, conduit à proposer des variantes du monde réel. Cela suppose que ces mondes possibles auraient pu être, ou bien qu'ils correspondent en fait aux états fictifs du monde réel. Associer fiction et mondes possibles soulève deux questions importantes : celle du vrai et du faux dans la fiction (Lewis, 1978) ; et celle de l'utilité / efficacité de la fiction pour envisager des mondes possibles. Répondre à ces questions nous oblige à (a) *dissocier réel et actuel* (en reprenant notamment les travaux de Granger (1995b) sur lesquels nous nous sommes appuyés en section 1.1) ; (b) définir les conditions de *similarité* des mondes possibles avec le monde réel ; (c) préciser les modalités de mise en œuvre de la *mimesis fictionnelle*.

Dissocier réel et actuel Le réel ne peut pas se réduire à « *ce qui se produit* » et que l'on pourrait valider par la perception sensorielle. Il est donc nécessaire, comme nous avons pu le dire dans la section 1.1, de considérer « *ce qui se produit* » comme expression de l'actualisation du réel. Cette actualisation ne peut, elle non plus se limiter à une approche sensible du monde. L'actualisation relève donc de l'ontologie et n'est donc pas limitée nécessairement à une existence « *concrète* » (qui relèverait d'un réalisme naïf). L'actuel, par opposition au non-actuel est ce qui se construit autour du je/tu/ici/maintenant. Il dépend donc directement du sujet, placé dans le « *hic et nunc* » de l'énonciation. Le monde « *actuel* » est donc le monde de *l'énonciation*. La conséquence majeure d'une telle définition est que l'« *inexistant* » ne renvoie pas à l'impossible ou l'irréel (dans leur acception naïve). L'inexistant renvoie au « *non-actuel* », ce qui revient à dire « *existant dans un autre monde* », ce monde devenant « *un monde possible* » dès lors, comme le considère Lewis (2007) qu'il se construit selon une logique modale.

Contrôle de la similarité relative Cette construction des mondes possibles suppose que se crée un « *écart* » relatif entre actuel et non-actuel. Cet écart

dépend de trois contraintes : Un changement de référentiel / Des modalités d'accessibilité / Des conditions contrefactuelles. La prise en compte de ces contraintes permet le contrôle de ce que Lewis (1983) nomme la « *similarité relative* ». La similarité parfaite conduirait à une « copie » du monde, totalement sans intérêt du moins dans le contexte qui nous intéresse. Une similarité trop partielle deviendrait inutilisable.

Mise en œuvre de la mimesis fictionnelle La mise en scène de la similarité relative repose ainsi sur une *ré-actualisation* (ce que Schaeffer (1999) désigne pas ré-instanciation) qui permet de repositionner les faits dans une actualisation conditionnelle. Cela conduit à penser les faits comme contrefactuels, en posant les conditions sous la forme par exemple : « *si... alors...* ». Le monde possible est alors envisagé dans un cadre de référence qui est conditionné. Ce conditionnement qui se pose comme « *si l'on change de contexte, est-ce que tel événement se produit ?* ». Cela revient à explorer les *conditions de possibilité* de cet événement. Mais il est aussi possible d'envisager que le changement de contexte conduise au non-accomplissement de l'événement. Dans ce cas, l'événement est envisagé comme pouvant ne pas se produire : il est *contingent*.

La mimesis fictionnelle permet ainsi de contrôler ce que Lewis (2007) désigne par « *le principe de l'écart minimal* » : ce qui a pour conséquence de faciliter l'accessibilité au monde possible. L'origine de cet écart peut être considérée à deux niveaux :

Écart par dissémination des différences Les différences qui existent entre le monde actuel et le monde possible dépendent du nombre d'objets impliqués. Ainsi, de très petites différences, nuances, ou variations mais généralisées à des très nombreux objets participent à la constitution de cet écart. L'écart avec le monde actuel dépend ainsi d'un grand nombre de variables.

Écart par concentration des différences Les différences sont dans ce cas ponctuelles (elles ne portent que sur quelques objets) mais elles sont importantes. L'écart avec le monde actuel dépend ainsi d'un petit nombre de variables.

La mise en application de ce principe de l'écart minimal par la mimesis fictionnelle est conditionné par le fait que « *ce qui est possible dans la fiction doit correspondre à une possibilité dans le réel*, au sens d'actuel » (Murzilli, 2012, c'est nous qui soulignons). Ainsi, le « *faire-semblant* », en se portant garant du « passage délicat à l'actuel » (= l'actualisation, autrement dit ce qui consiste à passer du possible à l'actuel) ouvre à une expérimentation des possibles.

Ainsi, dans ce cadre contrôlé de la mimesis fictionnelle, peut se produire une « *projection du moi fictionnel qui assiste aux événements imaginaires* » (Walton in

Murzilli, 2012, p. 340). Par ce procédé d'*immersion fictionnelle*, les événements sont actualisés comme des événements vécus. Vue de l'intérieur, la fiction est perçue comme réelle.

3.4.2.3 Mondes contrefactuels et temporalité

Contrôler la similarité relative entre mondes possibles et monde actuel renvoie, dans le contexte des reconstitutions historiques que nous étudions, à contrôler le *principe méthodologique* qui permet de penser les causes dans le passé : l'*actualisme*. Car, penser les mondes passés revient à penser des mondes possibles ; des mondes qui ont été actuels, qui ne le sont plus, et que l'on ne peut reconstituer que par la pensée. Ce principe méthodologique de l'actualisme est celui que nous avons déjà longuement présenté, que nous étudions maintenant dans son contexte de mise en scène dans la mimesis fictionnelle. Nous souhaitons notamment montrer comment, par la *mimesis fictionnelle*, le *principe méthodologique de l'actualisme* peut être mis en œuvre dans le cadre de reconstitutions historiques. Nous souhaitons surtout mettre en évidence que l'*obstacle « temps longs »*, qui se pose presque systématiquement dans le cas des reconstitutions historiques en géologie peut être pris en charge par un monde possible qui redéfinit la temporalité dans un nouveau référentiel, plus accessible. Nous pourrions dire de façon triviale que « *changer les règles d'écoulement du temps, cela relève bel et bien de la fiction* ». Il s'agit donc de mobiliser un nouveau référentiel de temporalité car celui qui nous permet de « *penser* » le temps à partir du registre empirique représente un obstacle à la compréhension. Comme nous l'avons évoqué avec Ricœur (1985), la construction du temps vécu comme mode d'accès au temps du monde est problématique si l'on reste enfermé dans les temps humains. Il faut donc penser les temps humains (seuls accessibles à la « compréhension » du temps) dans un monde possible construit à partir d'une variation du monde actuel sur un point précis (la vitesse d'écoulement du temps). Un tel monde est défini par (Lewis, 2007, 1973) comme *contrefactuel*.

Dans sa théorie de la fiction, Lewis (2007) assimile la fiction à un raisonnement contrefactuel dans lequel on pose une situation comme contraire aux faits empiriquement accessibles. Dès lors, ces faits sont considérés comme irréels (au sens commun de inexistants ou, comme nous l'avons défini plus haut comme existant dans un monde possible) et donc non-existant dans le monde actuel. On déduit ainsi les conséquences vraies en se référant au monde actuel. Cependant, Lewis (2007) développe sa théorie sur des mondes possibles « synchrones ». Cela suppose que ces mondes existent « en même temps », et que la contrefactualité est envisagée dans un contexte « atemporel ». Or, dans les reconstitutions historiques sur lesquelles nous réfléchissons, le temps s'écoule (=> temps linéaire) lentement (=> temps long). Nous devons donc considérer la contrefactualité dans un nouveau contexte : il ne s'agit pas de confronter le monde actuel avec d'autres mondes (possibles)

comme dans le cas de la pluralité des mondes de Lewis (2007), mais plutôt de confronter le monde actuel avec le monde passé, qui est un forme de non-actuel. Le monde passé est ainsi considéré, vis à vis du monde actuel comme un monde possible. Il est à appréhender, dans une *approche diachronique*, au travers d'une *similarité relative* et d'une *temporalité contrefactuelle* vis à vis du monde actuel.

Dans les contextes qui mobilisent des temporalités complexes, telles que les temps longs géologiques, les narrations mettent en l'œuvre des procédés qui relèvent le plus souvent de la (science) fiction et qui permettent de « s'arranger » avec le temps :

- des procédés narratifs : par exemple, les ellipses permettent, en omettant volontairement des parties de l'histoire, d'accélérer l'écoulement du temps (ex : quelques années plus tard...)
- des univers de science fiction : tels les voyages dans l'espace, qui alimentent de nombreux récits de science fiction et qui s'accommodent en général des durées énormes nécessaires pour voyager, par des procédés tels que l'hibernation, les voyages à la vitesse de la lumière

De tels procédés mettent donc en œuvre la contrefactualité temporelle afin de répondre au problème insoluble qui se pose avec la perception du temps incommensurable (Temps longs). La fiction joue donc un rôle important dans la mise en place d'un cadre à cette contrefactualité. Il semblerait qu'elle permette en fait de « jouer avec le temps » à défaut de pouvoir en comprendre l'existence.

Conclusion

Pour conclure cette section sur la fiction, nous souhaitons porter notre attention sur la dimension fictionnelle que peut recouvrir l'histoire. Habituellement, fiction et histoire s'opposent, dans la mesure où la première se définit avant tout comme relevant volontairement de l'imaginaire alors que la deuxième tente de reconstituer la réalité des faits. Mais nous avons montré dans nos cadres épistémologique et didactique que cette opposition entre imaginaire et une soi-disant « *réalité des faits* » doit être considérée du point de vue de la reconstitution d'une « *actualité passée* ». Reconstituer une histoire revient bel et bien à *imaginer* ce qui s'est produit dans le passé. Et le statut de l'énoncé produit ne diffère que très peu d'un énoncé de fiction. Mais la fiction a la particularité de se déclarer ouvertement comme une feintise. Elle trompe délibérément et ne se cache pas de le faire. Les mondes imaginaires qui sont ainsi mis en place sont explicitement présentés comme imaginaires.

La mise en œuvre de la fiction suppose donc que soit engagé un contrat de fiction dans lequel la feintise est désigné comme ludique : elle n'est pas destinée à tromper et elle ne cache pas ce qu'elle veut dire. Elle exclut de ce fait le mensonge de son propos même si, en imaginant des réalités passées, elle envisage des situations

qui ne sont pas réelles (au sens où elle ne se sont pas actualisées dans le monde perceptible par les humains).

Le contrat de fiction étant posé, la fiction ouvre un univers des possibles qui ne relève pas de l'« *irréalité* » mais plutôt de la *virtualité*. En cela, la fiction répond au non-actuel tel que nous avons pu le définir grâce à Granger (1995b). Cette virtualité est mise en scène au travers d'une *mimesis fictionnelle* qui « *mime* » le réel. Mais la *similarité relative* entre réel et fiction suppose un contrôle de ce qui est possible et de ce qui ne l'est pas dans le monde imaginé. C'est donc bien au sein de cette *mimesis fictionnelle* que se trouve l'enjeu majeur de la construction du non-actuel.

Enfin, la fiction est également le siège de la mise en œuvre d'une contrefactualité. En effet, les mondes possibles qui sont imaginés par la fiction mettent en place des systèmes nomologiques qui sont différents de ceux du monde réel. Ainsi, les règles habituellement fonctionnelles dans le réel peuvent devenir contrefactuelles dans le cadre de la fiction. Une mise en scène de la contrefactualité dans le cadre d'une feintise ludique partagée permet selon nous d'envisager la temporalité des objets géologiques dans le temps du récit.

CONCLUSION : LA MÉDIATION DES TEMPS GÉOLOGIQUES, RÉCIT ET FICTION

Le récit, dans la mesure où il engage une narration du temps, met en jeu des formes de temps variées. Ainsi, temps cycliques et temps linéaires articulent cette organisation structurale autour de la mise en intrigue. Ainsi, la structuration du récit organise la configuration des temps :

Le cycle mimétique organise le récit autour de la mise en intrigue. Nous voyons dans cette cyclicité une sorte de méthodologie du récit. En terme simples, nous dirions que les histoires sont toujours construites de la même manière. Ricœur définit ce cycle par « *un début, un milieu et une fin* », Bruner le désigne par l'alternance « *changement / stabilité* ». Après le récit, il y a un autre récit, qui lui ressemble du point de vue de sa structure. C'est en cela que le récit est cyclique.

La flèche du temps s'impose à tout récit. Et de ce fait, chaque récit doit répondre par un moyen ou un autre à cette contrainte. Si le temps pouvait faire autre chose que de se dérouler selon sa linéarité, aucun récit ne pourrait prendre naissance dans ce temps : quelques soient les événements, ils sont tous « configurables » dans un temps linéaire. C'est d'ailleurs ce qui fait qu'ils sont uniques. En retour, et cela nous semble fondamental,

> *c'est parce que les événements sont uniques que le temps linéaire peut être configuré par le récit*[22].

Nous voyons donc que le récit constitue un ensemble structuré qui organise les événements dans les temps cycliques et linéaires. En procédant de la sorte, le récit articule ce qui relève d'une *phénoménologie*, inscrite dans les temps cycliques, et ce qui relève de l'histoire, inscrite dans les temps linéaires. Nous faisons ici le lien avec nos considérations sur la reconstitution de l'histoire géologique : le besoin de recourir aux temps cyclique dans la construction des phénomènes géologiques doit s'articuler avec le besoin de reconstituer la succession des événements.

Notre hypothèse est donc clairement explicitée ici : le récit, en organisant la configuration des événements et du temps, représente un cadre méthodologique sur lequel nous allons pouvoir nous pencher maintenant.

Mais nous devons auparavant faire une synthèse de notre cadre théorique en précisant les différents axes de questionnements de notre problématique, maintenant constituée.

22. La critique selon laquelle une telle dépendance des événements aux temps linéaires relève de la tautologie ne tient pas si l'on considère, comme nous y invite Ricœur (1984), que les formes de temps identifiées ici sont différentes : la configuration des événements uniques conduit à un « temps raconté » alors que le « temps cosmique » est lui, pré-figuré et constitue un cadre à la mise en intrigue. D'autre part, la circularité de la tautologie ne peut être évoqué dans cette situation qui relève davantage de la *spirale*, comme nous aurons l'occasion de le voir plus loin.

CONCLUSION GÉNÉRALE DU CADRE THÉORIQUE

Nous avons posé un cadre théorique important qui nous amène maintenant à envisager les éléments méthodologiques de notre étude cas. Mais ce cadre théorique a été construit avant tout dans l'objectif de construire une problématique dont nous souhaitons faire la synthèse ici. Nos questionnements mettent en tension trois dimensions du discours des médiateurs de terrain : la *dimension épistémologique* liée aux enjeux de la construction des savoirs géologiques ; la *dimension didactique* qui est associée à la mise en œuvre de ces savoirs dans le contexte particulier des situations « sur le terrain » ; la *dimension médiatique* qu'impose la mise en scène d'un discours qui doit être à la fois pertinent scientifiquement mais adapté à un public non-connaisseur. Une telle tension nous a permis d'envisager l'hypothèse d'un rôle central et fondamental de la *mise en récit* dans de telles situations de médiation. La mise en récit répond en effet selon nous à ces trois contraintes majeures que nous avons mises en évidence.

Les trois axes de questionnements autour desquels nous avons construit notre problématique sont : (a) la construction d'un registre empirique partagé ; (b) la mise en œuvre d'une causalité narrative évoluée ; (c) l'exploration des possibles par la fiction. Il s'agit donc pour nous maintenant de préciser ces questionnements dans l'objectif de notre étude de cas. Les deux situations que nous avons étudiées seront donc analysées au travers de ce triple axe de questionnement :

La construction d'un registre empirique partagé : nous cherchons ici à montrer en quoi le récit participe à la construction d'un « *actuel* » géologique par mise en œuvre de ce que nous avons désigné par « *virtualités de terrain* ». La mise en récit serait en effet selon nous un mode d'accès privilégié au « *non-actuel* » qui caractérise les savoirs scientifiques et qui, dans le cas des sciences empiriques telles que la géologie (qui plus est dans le contexte de leur mise en œuvre « sur le terrain »), représente un *obstacle* majeur à la compréhension des processus géologiques dans le temps et l'espace. Nous focalisons ainsi notre attention sur les modes de problématisation qui ont recours à l'actualisme dans la construction des

objets/phénomènes géologiques. Cela nous conduit de ce fait à pousser notre questionnement au-delà de la construction du réel, en cherchant les modalités de mise en œuvre de la temporalité dans le traitement des indices de terrain. Notre objectif est dans ce cas de montrer que, en tant que science historique, la géologie se préoccupe principalement des indices de terrain dans leur cadre spatio-temporel. L'enjeu étant dès lors, non pas de se focaliser sur les indices en tant que résultat d'un phénomène géologique, mais sur le fait que ces indices constituent des *archives* : ils sont bien plus selon nous des « *témoins* » des événements passés, que des indices de phénomènes géologiques. Le récit serait donc un outil de construction narrative des savoirs géologiques, d'autant plus que ces savoirs sont engagés dans des problèmes géologiques de nature historique. Mais une telle narration suppose que soit mise en œuvre une forme de causalité plus évoluée, nous pourrions dire plus « *subtile* », que celle utilisée dans le cadre de problèmes de nature fonctionnaliste. C'est ce que nous étudions dans une deuxième partie de nos questionnements.

Mise en œuvre d'une causalité narrative évoluée : Mettre en œuvre une causalité narrative évoluée suppose de configurer les événements et le temps selon un *principe méthodologique* fort, qui réponde à la fois aux contraintes de mise en récit et aux contraintes épistémologiques liées à l'explication historique des archives géologiques. Ce principe est le « *principe d'antériorité* » qui impose une articulation de la *nécessité* et de la *contingence* des événements et que nous avons définie comme fondement de la *rationalité narrative* à mettre en œuvre dans les reconstitutions historiques des structures géologiques. Ce principe d'antériorité installe un cadre méthodologique dans lequel peut être mobilisée une « *rétrodiction* », processus de lecture à rebours de l'histoire, le long duquel sont recherchées les *conditions de possibilité* des événements géologiques passés. Il s'agit donc, dans ces situations de médiation géologique, non pas seulement de construire les phénomènes à l'origine des indices de terrain mais plutôt de *configurer les événements et le temps* à l'origine de ce qui constitue des *archives géologiques*. Mais procéder à une recherche des conditions de possibilité des événements ne relève pas seulement de la mise en évidence du *nécessaire* dans les constructions logiques mises en place dans le récit. Il s'agit également d'explorer un « *imaginaire* », mais qui ne se réduise pas à un simple « *vagabondage* » de la pensée dans le passé. La *fiction* s'impose dès lors comme une modalité incontournable d'accès aux « *possibles* ».

Exploration des possibles par la fiction : Ce troisième axe de questionnements nous amène à rechercher la façon dont sont explorées les virtualités que

suppose la confrontation au « *non-actuel* ». La médiation ouvre la possibilité, dans ces situations de géologie « *sur le terrain* », que soit mise en œuvre une « *mimesis fictionnelle* » au sein de laquelle le récit, non seulement, configure les événements et le temps autour de la mise en intrigue, mais également construise des *mondes possibles* par organisation/manipulation de *mimèmes*. Ces mimèmes sont convoqués dans ce qui constitue selon nous le *cadre méthodologique* propre à la fiction et fondé sur la « *feintise ludique partagée* ». En « *faisant croire* » à des *possibles imaginaires*, le médiateur peut ainsi explorer un univers de virtualités que ne permet pas la simple confrontation à ce que le sens commun désigne par « *le concret* » et que nous avons défini par l'« *actuel* ». En poussant l'imaginaire à se représenter des « *contre-factualités* », le médiateur envisage les possibles dans ce qu'ils ont de *nécessaire* et de *contingent*.

Nous émettons l'hypothèse que la reconstitution d'une histoire géologique, dans le cadre d'une médiation scientifique sur le terrain, suppose de mettre en œuvre une méthodologie fondée sur la *narration* des événements et des temps géologiques. C'est par la *mise en récit* que se mettent en place les événements géologiques à l'origine des objets visibles sur le terrain. Cette mise en récit articule *actualisme* et *intra-temporalité* dans le but de produire des *explications historiques* permettant de comprendre comment de telles structures géologiques existent dans *l'actuel*. Mais une telle mise en récit impose également de construire la *rationalité* de l'explication, sans chercher à étendre le fonctionnalisme à la temporalité des objets géologiques, mais plutôt en engageant une *causalité* propre à la narration : la *causalité narrative*. Une telle causalité suppose l'application du *principe d'antériorité* qui construit les *temps linéaires*, non pas le long d'une chronologie pré-établie sous la forme d'un *« storytelling »*, mais par mise en œuvre d'une *rétrodiction* qui recherche les *conditions de possibilité* des événements.

ÉTUDE DE CAS

« Si l'on pouvait rembobiner le film de l'évolution de la vie jusqu'à ses débuts à l'époque du Schiste de Burgess, et recommencer son déroulement à partir d'un même point de départ, il y aurait peu de chance pour que quelque chose de semblable à l'intelligence humaine vienne agrémenter la nouvelle version de l'histoire. »

(Stephen Jay Gould)

INTRODUCTION

Nous en arrivons ici à l'étape où nous devons valider les hypothèses formulées dans les lignes précédentes. Comme nous l'avons déjà précisé dès le préambule, nos recherches se sont focalisées sur l'étude de deux situations de médiation géologique de terrain, choisies parmi un corpus de huit enregistrements. Cette étude de cas n'est pas construite pour procéder à une comparaison des deux situations : nous aurons l'occasion de nous en expliquer précisément plus loin.

Dans cette étude de cas, nous présentons dans une première partie, les cadres scientifique et médiatique propres à chaque situation ainsi que l'analyse a priori qui peut être faite pour chacune d'elles. Nous précisons dans une deuxième partie tous les éléments de la méthodologie que nous avons suivie. Enfin, dans une troisième partie, nous présentons les résultats que nous avons obtenus et procédons aux premières analyses.

Cela nous conduira à formuler un premier niveau de réponses à notre problématique mais posera surtout les bases des discussions que nous menons dans la partie suivante, dans laquelle nous approfondissons nos analyses et discutons plus à fond les conclusions déjà avancées.

Chapitre 4

LES SITUATIONS ÉTUDIÉES

4.1 CADRE SCIENTIFIQUE : CONTEXTE GÉOLOGIQUE GÉNÉRAL DE L'OROGENÈSE ALPINE

L'histoire géologique des Alpes représente un épisode d'une histoire géologique globale dont le cadre fonctionnaliste de référence est celui de *la tectonique des plaques*. Un tel modèle, indispensable pour une reconstitution historique telle que celle que nous envisageons dans cette partie, s'est construit relativement récemment dans l'« *histoire de la géologie* ». Il met en place un cadre explicatif unificateur de la géologie et constitue en cela le nouveau paradigme des géologues actuels. Nous faisons une présentation historique de l'avènement de cette théorie et en précisons les points théoriques les plus importants à nos recherches dans la partie située en annexe 9.3.3 page 537.

Compte tenu de ce cadre scientifique que représente la tectonique des plaques, nous souhaitons analyser dans cette partie le rôle joué par le travail de terrain dans les reconstitutions historiques qui ont été faites de la géologie des Alpes.

Tectonique globale et travail de terrain

La géologie alpine constitue un champs d'étude particulièrement fertile, notamment du fait de la très grande quantité de données de terrain, accumulées depuis la fin du XVIIIème siècle. Depuis Guettard (1779) et surtout Saussure (1779), l'exploration géologique des Alpes s'est faite le plus souvent... à pieds. Car l'exploration géologique des Alpes consiste principalement à prendre contact avec les objets géologiques à *taille humaine* : depuis les objets millimétriques (par exemple les minéraux ou les fossiles millimétriques observables à la loupe) jusqu'aux structures kilométriques (par exemple les grands domaines géologiques observables dans le

paysage depuis des « *belvédères géologiques* »)[1]. Certains géologues sont même des grimpeurs émérites, qui n'hésitent pas à escalader les montagnes les plus inaccessibles pour « *échantillonner* ».

> « [...] *ces montagnes peu élevées ne fatisfaifoient qu'imparfaitement ma curiofité ; je brûlois du défir de voir de près les hautes Alpes, qui du fommet de ces montagnes, paroiffent fi majeftueufes ; enfin en 1760, j'allai feul & à pied, vifiter les Glaciers de Chamouni, peu fréquentés alors, & dont l'accès paffoit même pour difficile & dangereux.* » (Saussure, 1779, p. X).

De nos jours, le travail de terrain, même s'il s'appuie grandement sur les explorations précédemment menées, reste incontournable pour le géologue. La plupart des géologues, y compris ceux qui travaillent majoritairement en laboratoire, dépendent des données de terrain. La part que prend l'empirie dans les activités du géologue dépend fortement de son champ disciplinaire. Ainsi, le géophysicien qui travaille sur la rhéologie[2] du manteau ne développe pas les mêmes rapports avec le registre empirique que le géologue qui étudie la stratigraphie des zones subalpines.

Le travail de terrain représente donc un aspect seulement du travail du géologue, mais cet aspect représente l'un des fondements de la géologie : *la géologie est une science empirique*. De ce fait, les constructions théoriques qu'elle met en œuvre sont constamment confrontées au registre empirique qu'elles tentent d'expliquer. Le terrain se pose donc comme une nécessité ultime pour construire les théories sur le monde actuel (au sens que nous avons choisi en cadre théorique).

La théorie de la tectonique des plaques représente donc un cadre théorique fort des situations de géologie de terrain que nous étudions. Les objets géologiques qui constituent ce « terrain » ne représentent donc pas seulement des objets « *à étudier* » dans l'objectif de comprendre les mécanismes qui les ont produits : ils sont aussi le résultat d'une histoire « *accomplie* », qui prend naissance dans le travail du géologue.

Cette théorie cadre que représente la tectonique des plaques constitue ainsi un ensemble de registres explicatifs qui permettent de produire les indices nécessaires à la construction d'histoires géologiques rationnelles. Symboliquement, le terrain représente à la fois le point de départ du travail du géologue et ce vers quoi il souhaite aller ; son cheminement étant guidé par une théorie forte, la théorie de la tectonique des plaques.

Mais si l'on s'en tient à la géologie des Alpes, qui intéresse nos situations, comment les données de terrain sont-elles en mesure de fournir les indices d'une histoire localisée ? Comment définir à quelle échelle l'histoire géologique doit être

1. Le reste ne relève pas directement d'une géologie de terrain. C'est un travail de laboratoire qui va alors s'engager à partir des indices récoltés sur le terrain.

2. Rhéologie : étude de la déformation des matériaux.

« *racontée* » ?

Nous verrons à ce point de vue que ce sont surtout les données stratigraphique qui ont produit des histoires localisées et variées dans les Alpes. Nous verrons aussi que le métamorphisme des Alpes a permis de mettre en évidence des zones variées dans les Alpes, représentant autant d'histoire géologiques différentes.

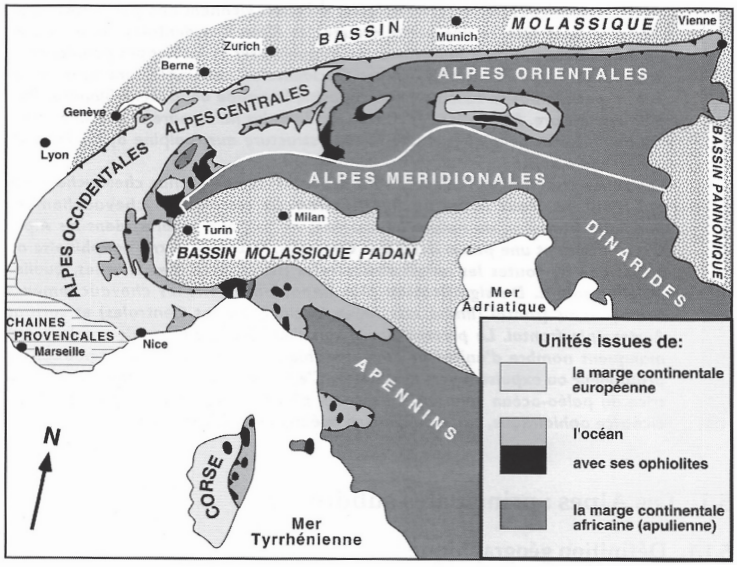
4.1.1 Le découpage en zones géologiques de l'arc alpin : autant d'histoires géologiques des Alpes

Les Alpes sont issues de la collision de la plaque européenne avec la plaque africaine durant l'ère tertiaire, suite à la fermeture d'un océan, l'océan alpin ou Téthys Ligure. Cet événement majeur du Cénozoïque est lui-même inclus dans une histoire beaucoup plus globale qui est à l'origine d'une chaine de montagne qui court depuis la France jusque dans l'Himalaya (Dewey et Bird, 1970).

Les terrains s'organisent en trois unités superposées(e.g. Bousquet *et al.*, 2008, pour synthèse), que les géologues identifient par (voir fig 4.1.1) :

- La marge continentale européenne
- Le domaine océanique
- La marge apulo-africaine

FIGURE 4.1.1 – Schéma structural des Alpes (D'après Lemoine *et al.*, 2000, pour synthèse)



Dans les Alpes occidentales, qui constituent la partie arquée de la chaine, on trouve principalement les unités externes, dites dauphinoises et penniques. C'est

l'histoire de cette partie des Alpes qui nous intéresse : nous focaliserons donc principalement notre attention sur cette partie.

Ces zones structurales sont séparées par de grands chevauchements, qui n'ont pas tous la même signification (Lemoine *et al.*, 2000, pour synthèse). Le *Front Pennique* sépare la zone externe dauphinoise de toutes les unités issues de la zone interne. Le *Chevauchement Briançonnais Frontal* marque dans les Alpes centrales la cicatrice ophiolitique d'un paléo-océan valaisan. Le *Chevauchement Austro-alpin Frontal*, est associé lui aussi à une cicatrice ophiolitique, trace de l'ancien océan alpin (= liguro-piémontais) (Lemoine *et al.*, 2000, p. 63, pour synthèse).

L'empilement de ces nappes de charriage « *donne une image de la disposition des domaines dont elles sont issues* » (Lemoine *et al.*, 2000, p. 75, pour synthèse). Leur superposition implique l'existence d'un ou plusieurs domaines océaniques alpins. Les sédiments, qui s'accumulent au fond des domaines océaniques et sur leurs bordures continentales, sont d'une grande variété, à la fois dans l'espace et dans le temps. Leur répartition géographique en différentes unités structurales permet de définir des zones alpines ayant subi chacune une histoire géologique singulière. Il s'agit, à partir de ces histoires singulières, de reconstituer l'histoire globale de la chaine alpine dans le cadre de la tectonique des plaques.

4.1.1.1 Les zones géologiques de l'arc alpin

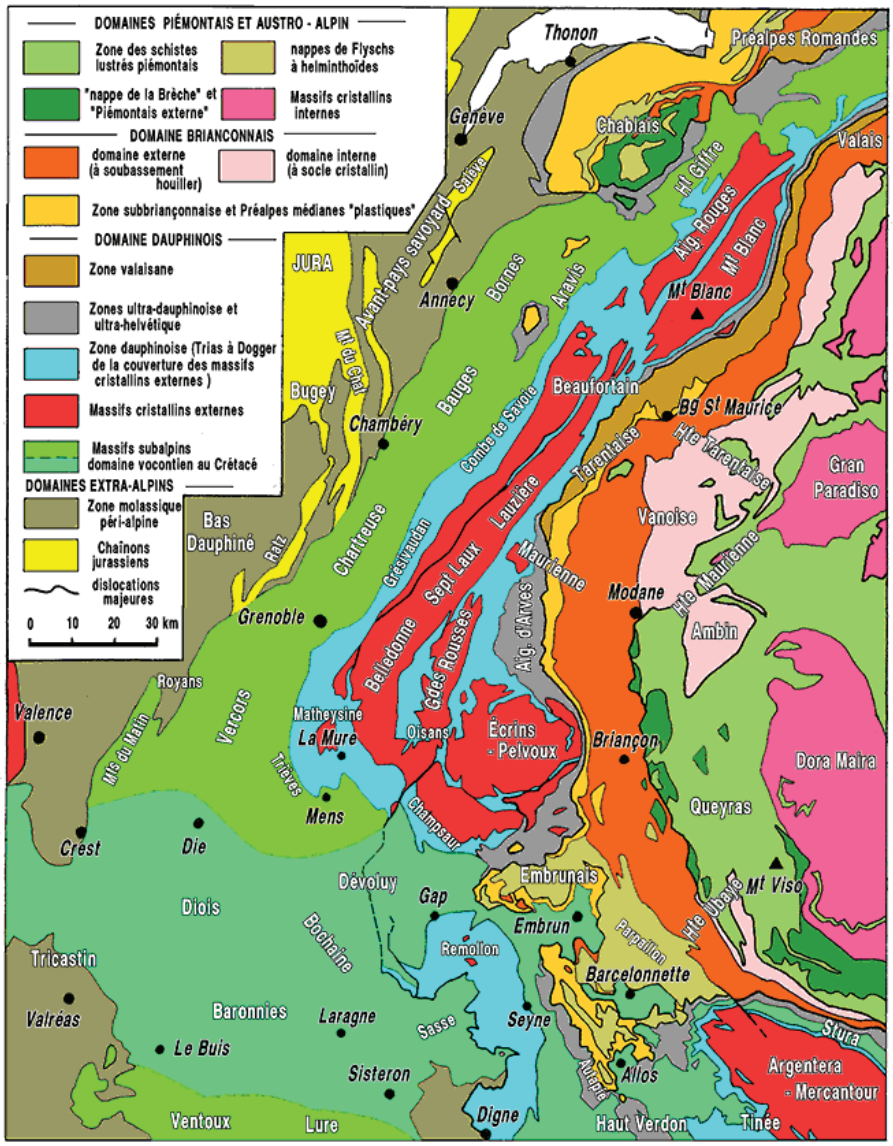
Les travaux de terrain[3] qui, depuis longtemps, ont décrit dans le détail les roches et structures géologiques des Alpes, ont conduit à dresser un schéma de l'organisation de la chaine en « *zones tectono-sédimentaires* »(Gidon, 2018, pour synthèse)(voir fig 4.1.2 page suivante).

D'un point de vue stratigraphique, les Alpes sont organisées, dans la partie occidentale de la chaine, en un arc, l'arc alpin, constitué de zones géologiques qu'il est possible de présenter en parcourant une transversale d'ouest en est. Ces zones sont assemblées en domaines, qui correspondent chacun à un espace géologique ancien, ayant son histoire propre (Suess, 1875). Quatre domaines sont ainsi différenciés : (a) *les domaines extra-alpins* ; (b) *le domaine dauphinois* ; (c) *le domaine Briançonnais* ; (d) *les domaines liguro-piémontais et austro-alpin* (Gidon, 2018, pour synthèse).

Les domaines extra-alpins : ils sont représentés par les chainons du jura méridional et par le sillon molassique péri-alpin. Les dépôts jurassiens sont majoritairement des calcaires de plateforme continentale (organisme littoraux et leur débris). Les molasses, bien moins développées que dans les Alpes

3. Nous reprenons ici en grande partie les travaux de Gidon 2018, accessibles notamment par l'intermédiaire de son site web (http://www.geol-alp.com). La synthèse faite par Gidon (2018) reprend en grande partie les découpages antérieurs, notamment ceux de Suess (1875).

FIGURE 4.1.2 – Carte structurale des Alpes (d'après Gidon, 2018)



(Gidon, consulté en septembre 2018)

centrales, se mettent en place suite à la surrection des Alpes, dans un sillon d'« avant fosse » qui va recevoir les épandages des débris rocheux arrachés aux reliefs naissants.

Le domaine dauphinois : ce domaine ayant subi un enfoncement général, son histoire sédimentaire est principalement marine durant tout le Mésozoïque. Il est caractérisé par un empilement de formations marines de type plateforme carbonatée, datées entre le Trias et le Crétacé supérieur. Cette sédimentation est associée à la marge passive européenne dont le socle affleure au niveau des massifs cristallins externes (Mont Blanc, Pelvoux ...). Ce domaine est découpé en deux zones principales, les *massifs subalpins* et la *zone dauphinoise*.

Les *massifs subalpins* se caractérisent par leurs reliefs en falaises, constituées par deux barres de calcaires durs, qui forment des corniches typiques. Ce sont les calcaires tithoniques (Jurassique sup) et les calcaires Urgoniens (Crétacé inf). Plus au sud, dans le domaine dit Vocontien, l'Urgonien n'existe pas.

La *zone dauphinoise* quant à elle correspond à la couverture sédimentaire des massifs cristallins externes, d'âge Trias à Jurassique moyen. Elle se répartit en deux bandes, autour de la zone surélevée des massifs cristallins externes, l'une à l'ouest, l'autre à l'est.

A l'extrême est de ce domaine, se trouve la *zone ultra-dauphinoise* qui correspond à des écailles détritiques, principalement nummulitiques correspondant aux premiers produits de l'érosion de la chaine alpine en train d'émerger. Le socle sur lequel se met en place cette couverture sédimentaire affleure au niveau des massifs cristallins externes. Il est constitué principalement de roches plutoniques et métamorphiques issues de l'orogenèse hercynienne.

Le domaine briançonnais : il présente une sédimentation Mésozoïque peu épaisse ; les dépôts sont en général peu profonds. Trois zones géologiques différentes composent ce domaine : (a) la zone sub-briançonnaise ; (b) la zone briançonnaise ; (c) les massifs cristallins internes.

- ≻ La *zone sub-briançonaise* est assez hétérogène et forme des écailles tectoniques sur les flancs ouest du briançonnais. Les roches sont principalement des calcshistes et des schistes argilo-gréseux, légèrement métamorphisés dans le faciès des schistes verts. Il n'existe pas de terrains plus anciens que le Trias gypseux (Trias sup).
- ≻ La *zone briançonnaise* présente des terrains anté-alpins bien développés (Houiller, Permien et Trias inf). Mais dans le briançonnais plus oriental, le soubassement est le socle cristallin. Les roches sont surtout des calcaires et dolomies, notamment celles du Trias, très représenté dans le briançonnais. Elles ont été métamorphisées dans le faciès des schistes verts à schistes bleus.
- ≻ Les *massifs cristallins internes*, qui affleurent surtout dans la zone liguro-

piémontaises (voir ci-dessous), sont des reliques de la marge continentale briançonnaise métamorphisée dans le faciès éclogitique de ultra-haute pression (présence de coésite). Ces massifs correspondraient à des portions de lithosphère continentale subductée au tout début de la collision.

Le domaines liguro-piémontais : C'est l'ancien océan alpin. Il représente les terrains les plus internes. La couverture sédimentaire de ce domaine *liguro-piémontais* est principalement composée de *schistes lustrés* (calcshistes fortement métamorphisés). Ils forment les premiers dépôts qui se sont mis en place sur le fond de l'océan alpin : ils se déposent presque directement sur les *Roches Vertes* (*ophiolithes* au sens large). Ces *Roches Vertes*, principalement des basaltes, gabbros et péridotites, sont fortement saillantes dans le paysage mou des schistes lustrés ; elles constituent les traces de l'ancien fond océanique, ouvert au Jurassique sup. Ces roches basiques et ultrabasiques, associées aux schistes lustrés, sont métamorphisées dans le faciès des schistes bleus. Cet ensemble correspondrait à une relique du prisme d'accrétion formé lors de la subduction de la Téthys Ligure. On trouve également des unités ophiolitiques, métamorphisées dans le faciès des éclogites (type Mont Viso) structurellement situées sous les schistes lustrés. Ces éclogites sont interprétées comme des portions de lithosphère océanique de la Téthys Ligure entrées en subduction. Certains rares ophiolites ont cependant été préservées, comme l'ophiolite du Chenaillet qui constitue la principale relique de l'océan Alpin.

Le domaine austro-alpin : il correspond à l'Apulie, avec la nappe de la Dent Blanche et la zone de Sesia. Ce domaine comprend des roches qui ont été métamorphisées dans le faciès de très hautes pressions.

L'organisation spatiale de ces domaines, présentée dans la figure 4.1.2 page 241, doit être considérée également selon une lecture verticale des empilements des unités. Ces empilements issus de la tectonique alpine, s'ajoutent à une *superposition* antérieure des terrains sédimentaires. En effet, les dépôts à l'origine des roches sédimentaires se font en général selon un principe imposé par la gravité terrestre : les sédiments s'empilent de telle manière que les sédiments les plus anciens se trouvent dessous. La superposition des terrains sédimentaires détermine une organisation stratigraphique propre à chaque domaine, traduisant des événements sédimentaires qui se sont succédés dans le temps. Il s'agit pour nous maintenant de montrer en quoi l'analyse des colonnes stratigraphiques renseignent sur l'histoire sédimentaire des différents domaines de la chaine alpine.

4.1.1.2 Des colonnes stratigraphiques pour raconter des histoires différentes d'une même chaîne de montagnes

L'organisation en différents domaines alpins permet de comprendre que l'histoire des Alpes s'est déroulée de façons sensiblement différentes selon les régions. Nous focalisons notre attention principalement sur la marge européenne, au niveau de laquelle se situent les événements géologiques qui concernent notre étude.

L'analyse des colonnes stratigraphiques renseigne avant tout sur l'histoire sédimentaire des régions considérées. Quelques éléments déterminants fournissent ainsi des indices des événements géologiques qui se sont succédés dans le temps : les changements de lithologie par exemple permettent de comprendre un changement de paléo-environnement, une modification dans les apports détritiques, un approfondissement du bassin. Il en est de même pour les changements de faunes fossiles : ils renseignent sur des modifications des conditions de vie, sur la profondeur.

Les corrélations avec les autres colonnes stratigraphiques ont permis de dresser des colonnes stratigraphiques de référence : celles-ci représentent la version la plus complète possible des événements géologiques « enregistrés » dans les terrains sédimentaires. Les différences observées supposent donc que chaque colonne stratigraphique raconte sa propre histoire géologique (Fig 4.1.3 page suivante).

Ainsi, les colonnes stratigraphiques des unités tectoniques de la zone briançonnaise, que nous montrons ici à titre d'exemple (fig 4.1.4 page 246), montrent une diversité dans l'organisation et la superposition des terrains sédimentaires : c'est un peu comme si le Briançonnais avait subi une histoire mais qui aurait été « vécue » différemment selon les localités de cette zone.

La lecture d'une colonne stratigraphique par un géologue se fait donc comme la lecture d'une histoire dont les codes sont spécifiques à ce domaine scientifique. L'organisation spatio-temporelle des terrains suit un ordre que nous avons défini dans nos analyses précédentes : chronologie, continuité ou discontinuité des événements, lacunes, changements plus ou moins brusques dans le cours des événements... Nous comprenons ainsi que l'histoire, si elle est lue *uniquement* au travers de la stratigraphie d'une région, se construit par analyse de la *superposition des terrains* : chaque stratification est ainsi associée à un événement sédimentaire précis. Cette analyse stratigraphique, déjà délicate sur des terrains *a-tectoniques*, peut devenir particulièrement complexe dès lors que les terrains ont subi des déformations importantes.

C'est le cas dans les Alpes, où les événements tectoniques qui ont affectés les terrains ont, pour le dire de façon triviale, « *mélangé tous les terrains* ». Les stratifications sont désorganisées par les phénomènes tectoniques qui empilent les terrains, les déforment jusqu'à en inverser la polarité, les disloquent en lambeaux, les enfouissent en profondeur. A cela s'ajoute des transformations minéralogiques dues au métamorphisme, qui peut modifier profondément la minéralogie des roches.

FIGURE 4.1.3 – Série stratigraphique des principaux domaines des Alpes franco-italiennes. (D'après Debelmas, 1970)

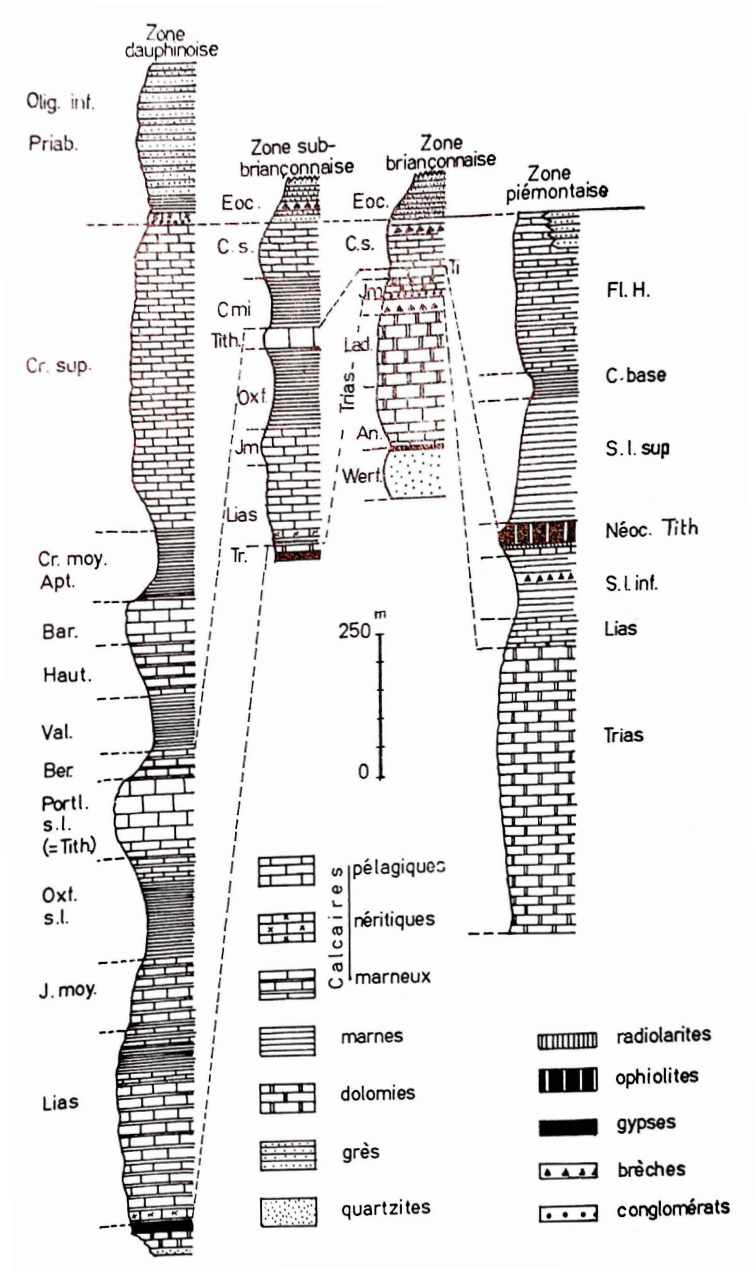
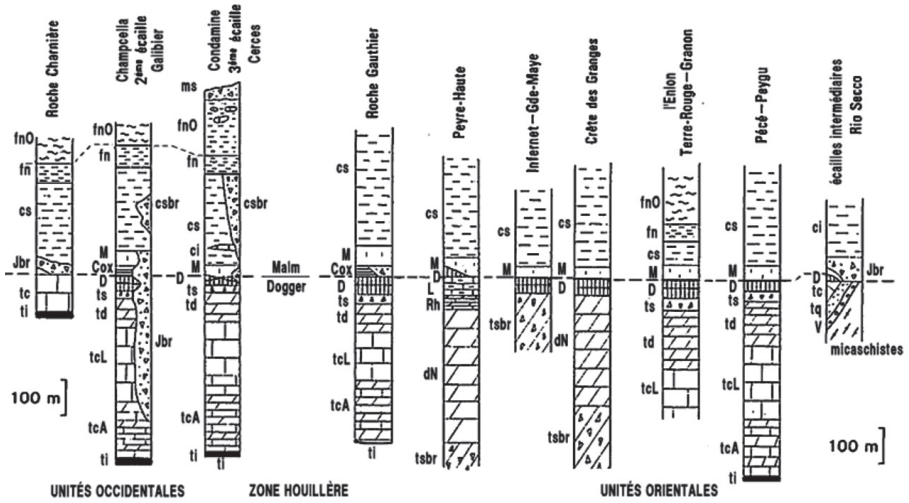


FIGURE 4.1.4 – Colonnes stratigraphiques des unités tectoniques de la zone briançonnaise (couverture carbonatée seule)(d'après la notice de la carte Briançon au 1/50.000ř, sensiblement retouché ; Gidon, 2018)



Ainsi l'histoire chronologique qu'offrait la stratigraphie devient dès lors bien plus délicate à reconstituer.

4.1.1.3 Des zonations tectoniques et métamorphiques pour délimiter des histoires géologiques différentes

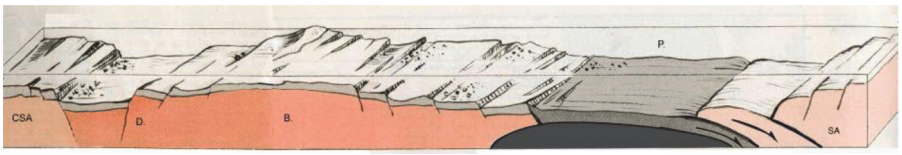
Raconter l'histoire des différentes régions des Alpes revient ainsi à organiser entre eux des *événements tectoniques, métamorphiques et sédimentaires* qui ne sont pas indépendants. La profondeur des sédimentations est directement liée aux phénomènes de surrection tectonique. L'évolution des contenus minéralogiques dépend directement des conditions de pression et de température subies par les roches durant leur histoire géologique. Nous retrouvons donc ici la nécessité d'un cadre géologique globale, qui permet de penser l'histoire géologique locale dans son contexte tectonique / métamorphique / sédimentaire. Une telle reconstitution est présentée dans le schéma 4.1.2 page 241. L'analyse des zones structurales des Alpes conduit ainsi à délimiter des histoires sédimentaires, métamorphiques et tectoniques *imbriquées*.

L'analyse de coupes géologiques, construites le long de grandes transversales W-E, permet de montrer l'organisation profonde des différentes unités alpines. Ce « *passage à la coupe géologique* » permet de construire les objets géologiques impliqués en trois dimensions. Cela suppose de mobiliser une diversité de méthodologies, empruntées aux différentes disciplines de la géologie : les recherches sur le

métamorphisme alpin sont notamment un outil fondamental pour prospecter les profondeurs du massif alpin. Le métamorphisme enregistré par certaines roches alpines renseignent en effet sur le long parcours qu'elles ont subi au cours des événements tectoniques.

Ainsi, à chaque zone structurale correspond une histoire géologique. Au sein de ces zones, les variations de terrain sont relativement uniformes : les événements géologiques se produisent dans un contexte régional, localisé et « *contraint*[4] ». De telles reconstitutions donnent lieu à des construction schématiques, présentant ces contextes, au sein desquels les événements géologiques se produisent (voir fig 4.1.5).

FIGURE 4.1.5 – Reconstitution paléogéographique des bordures de l'océan Ligure entre -110 et -45 MA (D'après Nicollet, 2018)



Roches sédimentaires (en gris) et Socle granitique et métamorphique (en orange) hérité de l'orogène hercynien, sont distingués. D=Domaine Dauphinois, B=Domaine Briançonnais (Marge Européenne), P=Domaine Piémontais (Croûte Océanique), SB=Sud Alpin (Marge Ligure)

Reconstituer l'histoire géologique des Alpes consiste donc en une organisation spatio-temporelle des terrains sédimentaires, de leur histoire métamorphique, de leurs déformations et des épisodes de magmatisme qu'ils ont subi. Se mettent alors en place diverses histoires géologiques localisées, qui se sont « déroulées » au sein d'une histoire plus générale de la chaine alpine.

4.1.2 Éléments de l'histoire géologique de la chaine alpine

Nous reprenons ici les reconstitutions de divers ouvrages de synthèse sur les Alpes dans le but de présenter sommairement leur histoire géologique (Debelmas, 1970 ; Debelmas et Mascle, 1994 ; Debelmas, 2011a,b ; Nicollet, 2018 ; Gidon, 2018 ; Fayard et Debelmas, 1999).

Cette histoire des Alpes se construit autour de quatre événements majeurs :

(a) Le *rifting* et l'*ouverture de l'océan alpin*

(b) La *subduction océanique*

(c) La *subduction continentale*

(d) L'*écaillage crustal*.

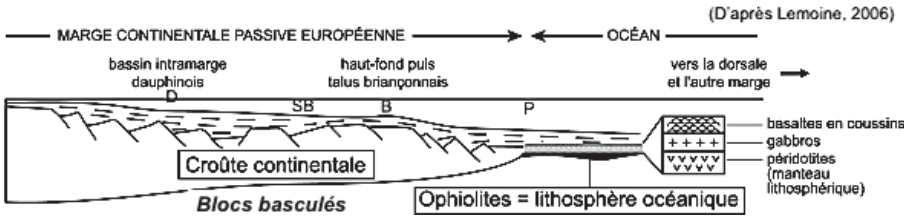
4. Le type de sédimentation qui s'y produit par exemple, dépend de la profondeur du bassin, des apports détritiques, des conditions de surface, mais aussi des condition climatiques dépendant directement de la latitude.

4.1.2.1 Le rifting et l'ouverture océanique

La présence, dans la partie centrale des Alpes, de roches ophiolitiques (ancienne croûte océanique sensu lato), surmontées par des sédiments d'âge fin du jurassique moyen à crétacé supérieur, permet d'attester de la présence d'un océan alpin (la *Téthys*, appelé également *océan liguro-piémontais*) (Dewey et Bird, 1970) qui s'est mis en place durant l'ère secondaire, et s'est refermé au Tertiaire.

L'histoire alpine commence au Permo-Trias avec des événements distensifs qui conduisent à l'installation d'une mer peu profonde sur la pénéplaine post-hercinienne. La fracturation de la croûte continentale conduit au *rifting* à l'origine de la marge passive européenne et au « *horst briançonnais* ». Ce rifting abouti à l'ouverture d'un domaine océanique, la Téthys Ligure ou Océan Alpin à partir du Lias. Un domaine océanique plus restreint se serait également mis en place entre la marge européenne et le horst briançonnais, l'« *océan valaisan* ».

FIGURE 4.1.6 – Reconstitution paléogéographique de la marge européenne au Jurassique supérieur



(Les zones alpines : D : Dauphinois ; SB : Sub-briançonnais ; BR : Briançonnais ; P : Piémontais)

Cette expansion océanique se poursuit depuis le jurassique moyen jusqu'au crétacé inférieur (voir fig 4.1.7). A cette époque, l'océan alpin aura atteint sa taille maximale : 800 à 1000 km [5].

Les roches constituant le soubassement de cet océan sont constituées principalement par des basaltes, gabbros (croûte océanique) ainsi que des péridotites du manteau.

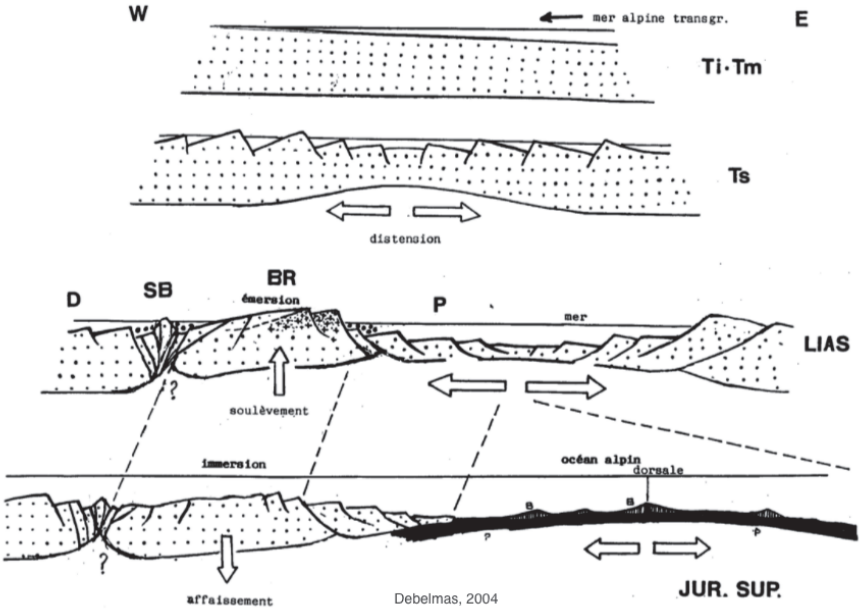
Des sédiments « profonds » s'accumulent au fond de l'océan alpin et donneront plus tard les grandes épaisseurs de roches schisteuses des Alpes internes (schistes lustrés).

4.1.2.2 Subduction océanique

Alors que l'Atlantique sud s'ouvre au crétacé supérieur et décale l'Afrique vers le nord (Fig 4.1.8), l'océan liguro-piemontais se ferme par *subduction*. Cette subduction

5. La lithologie des ophiolites suggère que la vitesse d'expansion de l'océan alpin est relativement faible : 0,5 à 2 cm/an

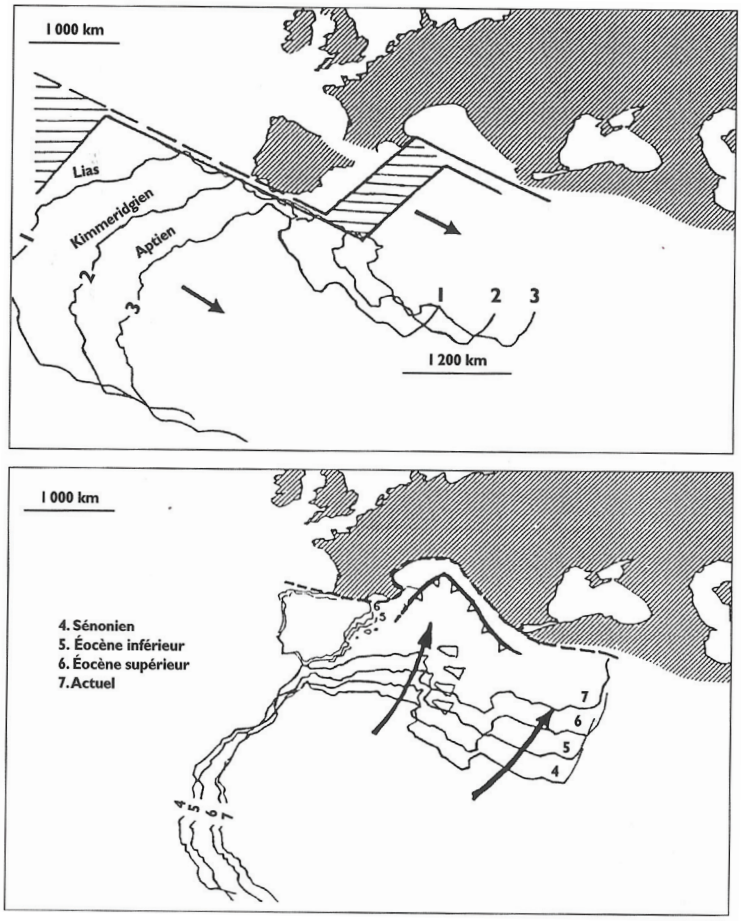
FIGURE 4.1.7 – Ouverture de l'océan alpin (d'après Debelmas, 2004)



(D : Dauphinois ; SB : Sub-briançonnais ; BR : Briançonnais ; P : Piémontais ; JUR.SUP : Jurassique supérieur ; Ti : Trias inférieur ; Tm : Trias moyen ; Ts : Trias supérieur)

est attestée par un métamorphisme de HP/BT[6] : faciès schistes bleus des schistes lustrés et massifs éclogitiques tels que le Mont Viso. L'augmentation des conditions de pression dans les schistes lustrés d'ouest en est permet de préciser la polarité de la subduction océanique : l'océan alpin plonge sous l'Afrique. Ces indices permettent ainsi aux géologues de proposer un scénario d'« *enfoncement* » de l'Europe sous l'Afrique. Cette subduction est également attestée par des linéations d'étirement de HP et des cisaillement associés.

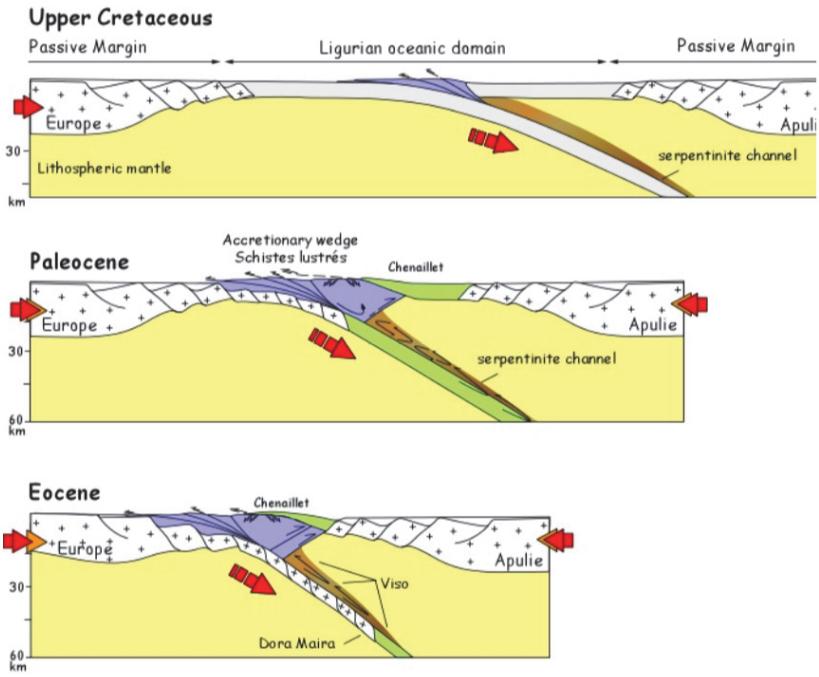
FIGURE 4.1.8 – Ouverture de l'Atlantique et fermeture de l'océan alpin (d'après Fayard et Debelmas, 1999)



Le rapprochement des marges européenne et africaine conduit à *« la fermeture du domaine océanique et à l'empilement d'écailles et de nappes à matériel océanique (donc à socle ophiolitique) »*. Cette fermeture océanique durera environ 50 millions d'années. A partir du crétacé supérieur, la subduction conduit à la formation d'un

6. Haute Pression / Basse Température

FIGURE 4.1.9 – La subduction alpine



prisme d'accrétion intra-océanique. Les sédiments constituant ce prisme subissent un métamorphisme de haute pression, à l'origine de l'unité des schistes lustrés.

Subduction continentale

Dans la continuité de la subduction océanique, la marge passive européenne est entrainée dans la subduction (environ -35MA). S'engage alors ce que les géologues décrivent comme une « *subduction continentale forcée* ». Cette subduction continentale abouti à la formation des Massifs Cristallins Internes, métamorphisées à Ultra Haute Pression (attestées par des reliques de coésite). Pendant ce processus, les sédiments de la marge passive européenne, notamment la zone Briançonnaise, sont « rabotés » ; il y a alors formation d'un deuxième prisme d'accrétion. Des portions de croûte océanique sont amenées au dessus des unités continentales : cette obduction, qui se produit à l'Éocène (-35 MA), conduit par exemple à la mise en place du massif du Chenaillet (voir 4.1.9).

Collision et écaillage crustal

La plaque européenne, tirée par sa portion océanique sous la plaque africaine, finit par se bloquer alors que le rapprochement se poursuit. La plaque européenne se

clive en écailles, ce qui induit un fort épaississement crustal (50 à 60 km), à l'origine de la formation d'une racine crustale[7]. Cet épaississement, couplé au processus d'isostasie est à l'origine de la forte altitude de la partie centrale des Alpes (Massifs Cristallins Externes principalement).

L'histoire des Alpes se poursuit avec un changement de direction du raccourcissement : on passe alors d'un raccourcissement N-S, lié à l'épisode Pyrénéo-Provençal, à un raccourcissement E-W, daté à 30-35 MA. Ce changement dans la cinétique des plaques lithosphériques est associé au début de la rotation antihoraire du microbloc adriatique, qui s'individualise de l'Afrique (ils constituaient ensemble l' Apulie) (voir fig 4.1.8 page 250).

L'histoire tectonique des Alpes peut ainsi se résumer en quatre étapes successives, présentées dans la figure 4.1.10 page ci-contre.

Conclusion

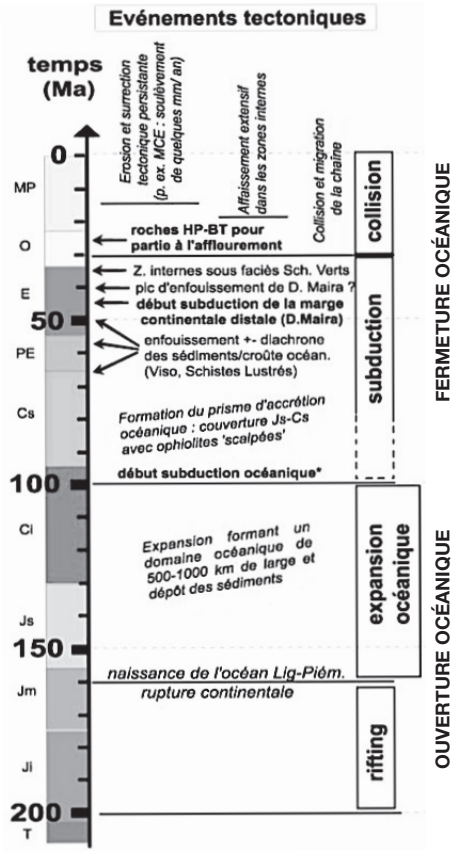
La reconstitution de l'histoire des Alpes mobilise donc un ensemble d'événements géologiques que les géologues positionnent rigoureusement dans le temps, en s'appuyant sur un cadre explicatif général, qui rassemble les outils théoriques et méthodologiques empruntés à la théorie synthétique de la tectonique des plaques. L'histoire géologique des Alpes s'insère donc dans cette « *théorie cadre* ». Cependant, si Debelmas (2004) nous dit que « *La découverte et l'histoire de l'éphémère océan alpin représentent l'une des découvertes majeures de ces vingt dernières années* », il précise également dans un autre ouvrage que *« [...]bon nombre de ces idées nouvelles* [la théorie de la tectonique des plaques]*[...]n'ont pas pris naissance dans les Alpes, mais c'est dans cette chaine qu'on les a testées* » (Debelmas, 2011b, p. 171).

Nous pouvons donc considérer que les Alpes constituent un excellent exemple pour mettre en œuvre (nous pourrions dire « mettre à l'épreuve ») la théorie de la tectonique des plaques.

Il nous reste donc à voir comment les médiateurs de terrain procèdent pour mettre en œuvre ces reconstitutions historiques de la géologie alpine. Pour cela nous devons maintenant aborder la géologie de chacune des régions explorées par les médiateurs que nous étudions.

7. Les sédiments de l'ancien océan, écrasés par la collision et formant un « *prisme d'accrétion orogénique* », sont le siège d'un métamorphisme lié à l'épaississement crustal.

FIGURE 4.1.10 – Événements tectoniques de l'histoire des Alpes (d'après Agard et Lemoine (2003)).



4.2 CONTEXTES GÉOLOGIQUES DES SITUATIONS DE MÉDIATION DE TERRAIN ÉTUDIÉES : DES SITUATIONS DE MÉDIATION D'UNE HISTOIRE GÉOLOGIQUE « SUR LE TERRAIN »

Nous avons choisi de focaliser notre travail de recherche sur deux situations, assez différentes dans leur contexte géologique. Elles se caractérisent cependant toutes les deux par le fait qu'elles se mettent en place « *in situ* », c'est à dire « sur le terrain ». Le médiateur construit, dans cet environnement géologique qu'il a choisi, un discours censé éclairer un public d'amateurs sur les événements géologiques qui s'y sont produits.

Nous aurons l'occasion d'analyser plus loin les diverses contraintes qui s'imposent au médiateur dans de telles situations, mais au stade où nous en sommes, il s'agit de comprendre les enjeux posés par l'histoire géologique de chacun des lieux « explorés » par le médiateur et son public. En effet, le contexte géologique des affleurements visités lors de ces sorties géologiques est déterminant sur la construction du discours du médiateur :

- l'aiguille Dibona est un éperon granitique dont l'histoire se construit surtout autour des événements qui ont mis en place le pluton granitique des Étages
- le vallon du Fournel se caractérise par l'absence des terrains secondaires et par sa position typique, structurellement « *en dessous* » du front pennique, ce qui a pour conséquences des déformations dans les terrains nummulitiques qui constituent des indices très nets de la tectonique en compression qui a affecté les lieux.

4.2.1 La situation « Aiguille Dibona »

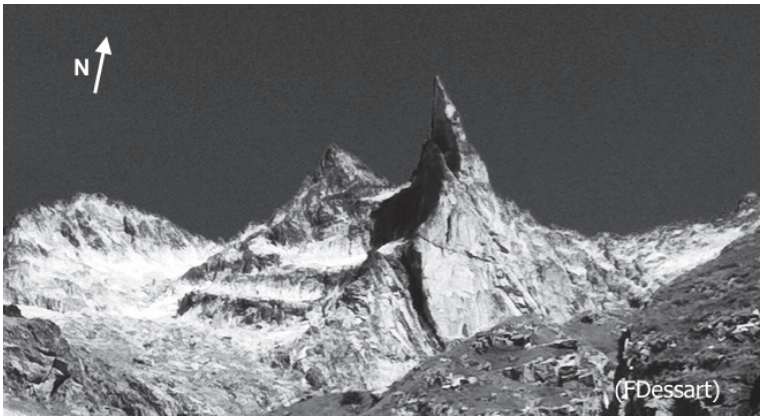
Nous présentons dans cette partie la première situation que nous étudions ; il s'agit de l'intervention d'un médiateur de terrain qui raconte l'histoire de l'aiguille Dibona, un éperon granitique des Alpes françaises. Nous nommerons dorénavant cette situation : « Dibona-TG ». Nous présenterons ici le cadre géologique au sein duquel se met en place le discours du médiateur. Nous montrerons également en quoi cette intervention relève d'une mise en récit de l'histoire géologique de la Dibona. Ces analyses nous permettront de reformuler nos questionnements, dans le cadre spécifique de cette situation.

4.2.1.1 Contexte général de la situation de médiation « Histoire géologique de la Dibona »

Le terrain

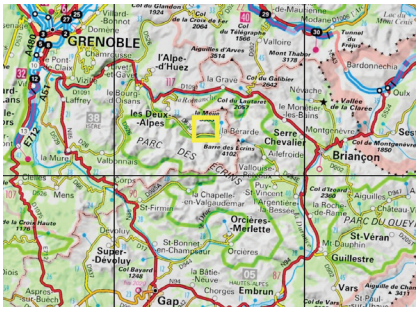
L'aiguille Dibona est un éperon de granite qui s'élève à 3131m d'altitude, au cœur du cirque glaciaire du Soreiller, dans le massif de l'Oisans en Isère (Fig 4.2.1). Au pied de l'aiguille est installé le refuge du Soreiller, où se déroule la médiation que nous étudions, qui est accessible par un sentier de montagne en un peu plus de deux heures.

FIGURE 4.2.1 – L'aiguille Dibona : une aiguille au cœur d'un massif granitique

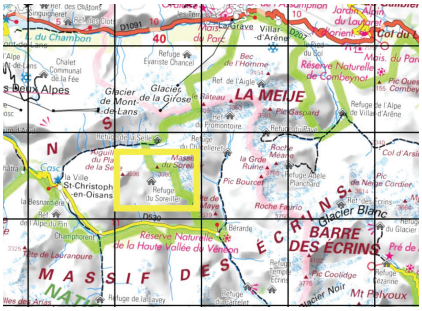


Le vallon du Soreiller est un ensemble de cirques glaciaires, situé au dessus de la vallée du Vénéon, au cœur du massif de l'Oisans (Parc National des Écrins). Ces cirques convergent pur former un véritable amphithéâtre.

FIGURE 4.2.2 – Localisation géographique du massif de l'Oisans



(a) Situation géographique générale

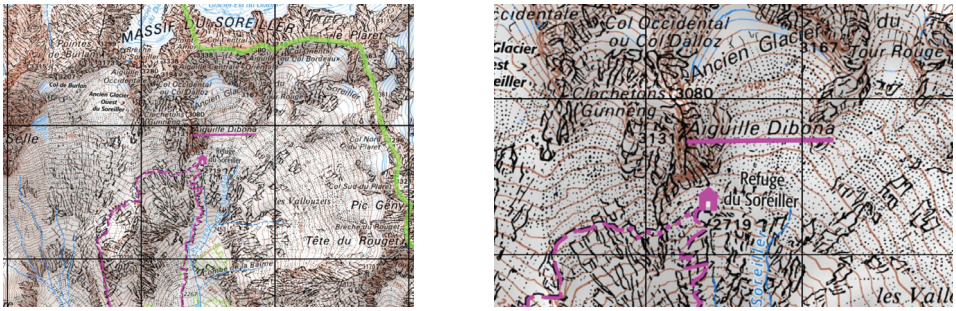


(b) Le massif du Soreiller

Les cirques ne sont accessibles que par un sentier qu'il faut remonter à pied

pour déboucher sur un espace ouvert, fait de roches assez claires, des granites principalement.

FIGURE 4.2.3 – Le refuge du Soreiller et l'aiguille Dibona



(a) La refuge au cœur du cirque du Soreiller

(b) L'aiguille Dibona se dresse juste au dessus du refuge du Soreiller

Les glaciers qui se sont installés au cœur de ces cirques ont percé la chape des gneiss supérieurs et ont ainsi mis à jour le granite sous-jacent, au point que *« les gneiss ne subsistent qu'à l'état de buttes témoins, formant la pyramide terminale des plus hautes cimes (Aiguille du Plat-de-la-Selle, Plaret, Pic Gény et Rouget)* » (Gidon, 2018).

FIGURE 4.2.4 – L'amphithéâtre granitique du Soreiller (D'après Gidon (2018))

Le Vénéon et l'amphithéatre du Soreiller vus du sud-ouest, depuis la montagne des Arias (du sommet du Bec du Canard). f.F = grande faille N-S des Fétoules (Gidon, 2018).

Le cirque dans lequel se trouve le refuge est constitué principalement de granite

monzonitique[8]. Les crêtes, notamment du coté oriental du cirque sont constituées de gneiss (gneiss de la Lavey) qui donnent des reliefs plus fracturés[9](voir fig 4.2.8 page 262).

Vue par sa face sud, la Dibona présente une forme en aiguille caractéristique. Mais cette aiguille n'est cependant que la partie terminale d'un éperon rocheux descendant de l'arête qui relie l'Aiguille du Plat de la Selle au Plaret (Gidon, 2018)(fig 4.2.1 page 255). Elle sépare ainsi deux cirques glaciaires au sein desquels il ne reste guère que quelques neiges pérennes.

La situation

Un médiateur de terrain, que nous nommerons désormais TG, intervient dans le cadre des « Jeudis des refuges[10] », devant le refuge du Soreiller pour présenter l'histoire géologique de l'Aiguille Dibona. L'intervention du médiateur TG devant le refuge fait suite à une randonnée au cours de laquelle il a conduit un groupe d'un dizaine de personnes depuis le village des Étages jusqu'au refuge du Soreiller. En milieu d'après midi, TG prend la parole pour raconter l'histoire géologique de l'aiguille Dibona, qui se trouve juste au-dessus du refuge. L'intervention durera environ deux heures. Au bout de 45 min, les conditions à l'extérieur du refuge devenant peu propices au discours (vent, froid), le groupe s'est déplacé vers l'intérieur du refuge où le médiateur a pu terminer son intervention.

Le médiateur

Le médiateur qui intervient à l'occasion de ces « jeudis des refuges » en Oisans est Thierry Grand. C'est un ancien géologue structuraliste. Il a rédigé une thèse sur les blocs basculés de l'Oisans. Il est maintenant Accompagnateur en Montagne et intervient comme médiateur principal dans son association de géologie : le *Centre de Géologie de l'Oisans* (CGO[11]), association qu'il a fondée quelques années auparavant. Il prend en charge également la formation en géologie des futurs Accompagnateurs en Montagne auprès de la DDJS de l'Isère. Une grande part de

8. Granite leucocrate, à orthoses et plagioclases ; les orthoses sont en général de grandes taille. Dans le granite de la Dibona, ces orthoses forment des gros cristaux en « dents de cheval ».

9. A la différence du granite de la Dibona, très recherché par les grimpeurs pour la qualité de ses prises, les sommets de gneiss sont fortement délaissés du fait de la mauvaise qualité de la roche, qui se débite en feuillets, et qui rendent l'escalade très délicate et dangereuse.

10. Le Parc National des Écrins, en collaboration avec les refuges de l'Oisans, organise chaque jeudi de l'été, des festivités culturelles à proximité d'un refuge du massif. A cette occasion, les randonneurs peuvent profiter de diverses prestations, souvent musicales, mais également des interventions du type de celle qui nous intéresse et que nous désignons pas « médiation scientifique sur le terrain ».

11. https://asso-cgo.fr

son activité repose sur la découverte géologique de nombreuses régions du globe. Il organise notamment des voyages clef-en-main pour les passionnés de géologie. Il propose également des interventions auprès des scolaires, des enseignants –en activité ou en formation–, et auprès des services publics qui souhaitent valoriser le patrimoine géologique de leur région.

FIGURE 4.2.5 – Le médiateur de la situation « Dibona » : Thierry Grand

Lors de son intervention, Thierry Grand fait face à son public qui s'est installé en demi-cercle devant l'entrée du refuge. Il organise son intervention principalement autour d'un discours verbal : il parle, et s'adresse éventuellement de temps en temps à son public. Le ton de sa voix est posé ; il prend le temps de bien prononcer certains mots qui ne sont pas du langage courant. Son attitude est centrale dans la situation : il reste en effet au centre du demi-cercle. Pour agrémenter son discours, il a recours de temps en temps à un tableau blanc sur lequel il fait des schémas avec des feutres de couleur pour appuyer son propos. Durant sa présentation du granite de la Dibona, il prendra un morceau de roche granitique (il y en a partout au sol à proximité du refuge) qu'il tiendra dans sa main, comme pour signaler que c'est de ce type de roche qu'il parle. Il n'utilisera pas ce cailloux pour autre chose. Les conditions météorologiques étant assez bonnes au début de l'intervention, celle-ci a pu se faire en extérieur. La vue est dégagée : TG envisage de parler plus tard du paysage. Il ne pourra pas le faire car le vent froid aura poussé tout le monde à l'intérieur du refuge où le médiateur poursuivra son discours. La lecture du paysage, proposée en début de discours se fera en fin de compte sous une forme descriptive depuis l'intérieur du refuge.

Le public

Le public présent devant le refuge pour écouter le médiateur TG est composé principalement de randonneurs. Un certain nombre de ces randonneurs est venu

spécifiquement pour entendre l'histoire de la Dibona ; les autres vaquent à leurs occupations et finissent par être attirés par le discours du médiateur. Un petit groupe d'une vingtaine de personnes s'est ainsi constitué devant le refuge. Certains ont du matériel pour prendre des notes (fig 4.2.6).

FIGURE 4.2.6 – Le médiateur TG devant son public, face au refuge, au pied de la Dibona

Les personnes sont assises ; l'intervention se fera en effet « en statique ». Le médiateur n'envisage pas, durant cette intervention, de se promener dans les alentours. La situation est donc centrée sur le discours qu'il prononce.

Il faut noter cependant que parmi le public, se trouvent un certain nombre de personnes qui ne sont pas totalement des amateurs en géologie. Ce sont des personnes âgées faisant partie d'une « classe » inscrite à l'« *Université Inter-Âge du Dauphiné* » (UIAD). Ce petit groupe de personnes suit fréquemment des cours à l'Université (cours dispensés d'ailleurs par ce même médiateur, Thierry Grand, qui endosse dès lors, une responsabilité *d'enseignant*). Les sorties sur le terrain font partie de la formation dispensée par cette université. Ces retraités sont d'ailleurs présents à cette intervention dans le cadre d'une sortie de terrain organisée par le médiateur TG.

4.2.1.2 Histoire géologique de l'aiguille Dibona

L'aiguille Dibona est un éperon de granite clair séparant deux petits cirques glaciaires au sein d'un vaste vallon surmonté dans sa partie orientale de crêtes de gneiss. La morphologie de ce vallon correspond au résultat d'une érosion majoritairement glaciaire ayant raboté entièrement le gneiss qui constitue l'encaissant de ce granite clair monzonitique dit « *granite du vallon des Étages* ». Pour comprendre la présence et les caractéristiques morphologiques d'un tel granite dans le vallon du Soreiller, nous montrons dans les deux parties suivantes, d'une part, le cadre géologique global dans lequel s'est mis en place ce granite au cœur d'un massif alpin,

et d'autre part, nous envisageons de positionner ces phénomènes magmatiques au sein d'une histoire géologique de la Dibona.

Le cadre géologique « alpin » de l'Aiguille Dibona est en fait relativement récent. En effet, la majeure partie des événements ayant conduit à la mise en place de cet éperon de granite date en fait de l'orogenèse hercynienne, qui s'est déroulée durant l'ère primaire. L'Aiguille Dibona résulte donc d'une double histoire : la mise en place de la *chaine hercynienne* (qui a produit le granite de la Dibona sous la forme d'un pluton) suivie de l'*orogenèse alpine* (qui a porté ce pluton granitique à la surface). Le cadre global qui permet de reconstituer ces deux histoires est celui de la tectonique des plaques. Le scénario est celui qui met en jeu des ouvertures/fermetures d'océans.

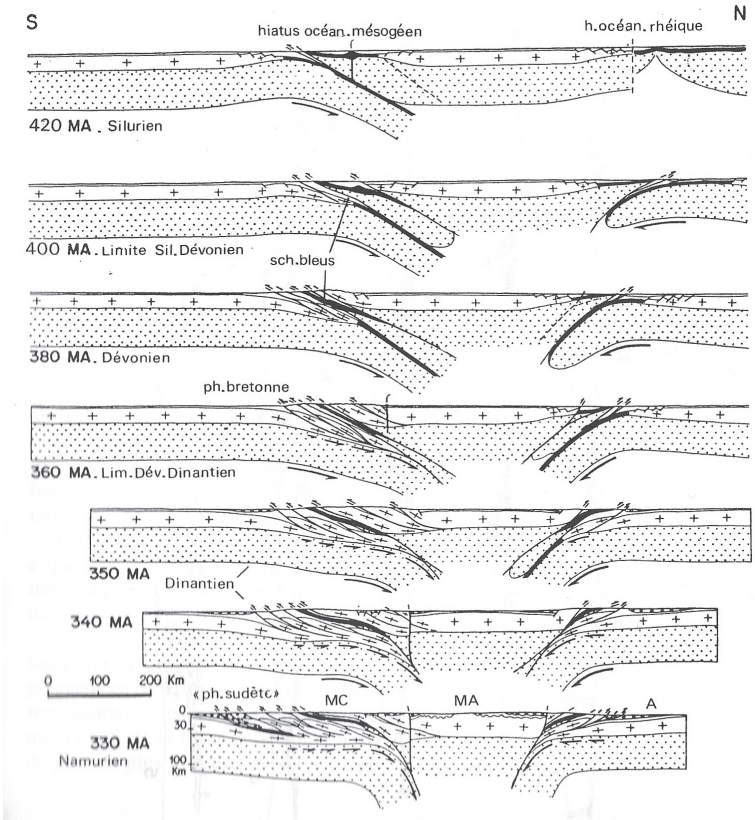
La chaine varisque (= hercynienne) s'est mise en place par fermeture de deux océans : l'océan Rhéique et l'océan mésogéen ouverts durant le Cambro-Ordovicien. C'est par une double subduction, datée du Silurien-Dévonien inf, que se produit cette fermeture, qui conduira jusqu'à la collision des continents (au Dévonien) qui empile des écailles de croûte continentale. De la croûte océanique sera obduite (ex : en Galice), témoin d'un ancien océan. Un métamorphisme MP/MT à HT a été révélé et daté à environ 380 MA. Il a pu donné des granites d'anatexie. Au Stéphanien se produisent des mouvements de décrochements, dits tardi-hercyniens, ouvrant des bassins (à l'origine de bassins houillers de St Étienne par exemple) (Debelmas et Mascle, 1994).

L'orogenèse alpine remobilise le socle cristallin issu de l'orogenèse hercynienne. On retrouve ainsi ce socle hercynien dans les massifs cristallins externes, qui, du fait des chevauchements tectoniques alpins, ont été sur-épaissis et donc portés en altitude. L'érosion importante en a décapé les sommets et a fini par en faire apparaitre le cœur. On remarque ainsi les roches métamorphiques (= issues du métamorphisme hercynien, sur lequel un métamorphisme alpin a pu se surimposer) telles que des gneiss provenant des racines de la montagne. On trouve également des granites qui peuvent être d'anciens gneiss ayant subi une anatexie, ou bien des granites intrusifs dans les gneiss.

Le granite de la Dibona n'est donc pas un granite alpin. C'est un granite hercynien, mis à nu par l'orogenèse alpine. La particularité de ce granite est donc d'avoir une double histoire : sa formation à partir d'un magma, et sa remontée lors de la surrection de la chaine alpine.

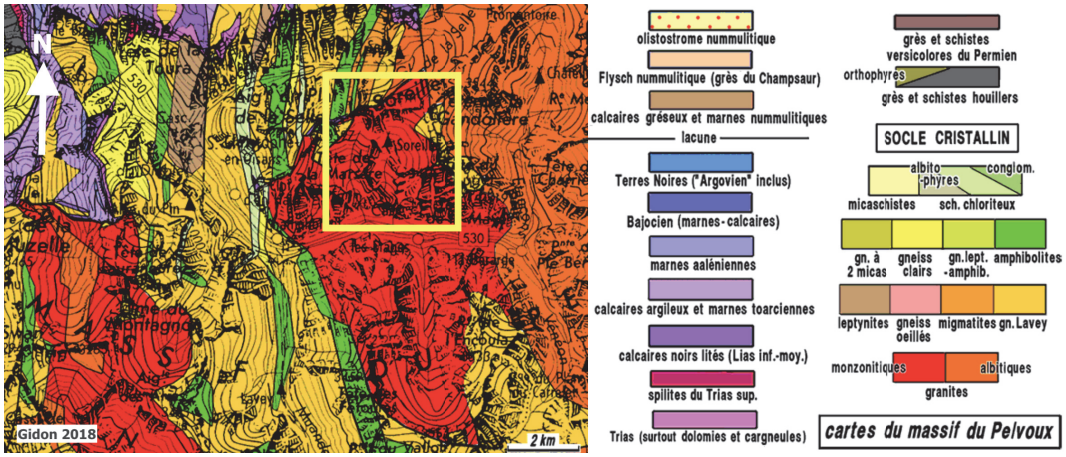
Le granite du vallon du Soreiller fait partie d'un ensemble, les granites monzonitiques du vallon des Étages, qui font eux-mêmes partie du pluton granitique du Haut-Vénéon (partie centrale du Massif du Pelvoux)(voir fig 4.2.8 page 262). Ces granites sont visibles du fait de l'érosion importante des gneiss qui en constituaient l'encaissant. Cette érosion, modérée dans le vallon du Soreiller, est beaucoup plus importante dans le vallon lui faisant face, au sud : le vallon des Étages .

FIGURE 4.2.7 – La subduction hercynienne (D'après Debelmas et Mascle, 1994)



A : Ardennes, MA : Massif armoricain, MC : Massif central.

FIGURE 4.2.8 – Carte géologique des environs de St Christophe en Oisans(D'après Gidon, 2018)



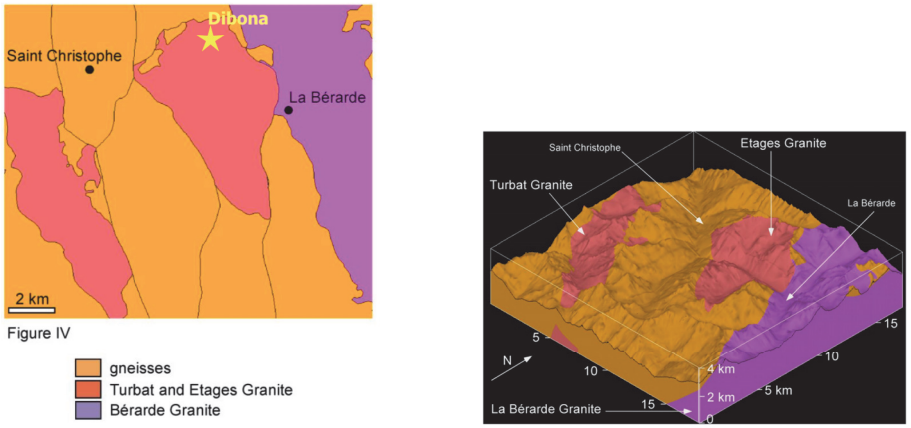
Le cadre jaune représente l'amphithéâtre du Soreiller

Les granites du Vallon des Étages sont intrusifs dans les gneiss migmatitiques (voir fig 4.2.9 page ci-contre), au sein desquels ont été mis en évidence deux épisodes métamorphiques HT avant la mise en place des granites. Des datations U/Pb sur zircon donnent un âge, pour ces granites, d'environ 302 MA (Stéphanien). Ils présentent par ailleurs une foliation sub-verticale marquée par l'allongement des feldspaths et biotites (Strzerzynski *et al.*, 2005).

La mise en place de ces granites s'est faite lors d'un mouvement décrochant senestre.

D'autre part, des travaux ont montré que la structuration de ces massifs granitiques avait été acquise lors de la phase de cristallisation (Strzerzynski *et al.*, 2005).

FIGURE 4.2.9 – Le granite du Vallon des Étages (granite monzonitique de la Dibona) (D'après Strzerzynski *et al.*, 2005)



(a) Les deux pluton granitiques du vallon des Ér-tages et de Fond Turbat

(b) Localisation 3D du granite des Étages de de Turbats

Le magma à l'origine des granites du Vallon des Étages trouve son origine dans la ré-équilibration thermique tardi-orogénique de la croûte continentale épaissie par les chevauchements tectoniques qui se sont produits durant l'orogenèse hercynienne. Le doublement de l'épaisseur de la croûte continentale suite aux chevauchements des unités tectoniques, conduit à la formation de « racines » crustales sous la chaine de montagne. Cette croûte prend alors la place du manteau sous-jacent. Or, la production de chaleur par désintégration radioactive est beaucoup plus intense dans la croûte que dans le manteau. Le gradient géothermique dans cette croûte épaissie est alors tel que le seuil de fusion partielle est atteint, en général au niveau de la croûte moyenne. Dès lors, les roches crustales commencent à fondre et à produire des liquides de composition granitique. La remontée de ces liquides (moins denses

que l'encaissant) se fait jusqu'aux gneiss déjà formés et issus d'un métamorphisme à HT.

L'histoire géologique de l'aiguille de la Dibona peut donc se résumer à trois événements majeurs :

Orogenèse hercynienne : elle met en place les conditions qui conduiront à la production d'un magma granitique qui formera le pluton monzonitique du Vallon des Étages.

Orogenèse alpine : après érosion de la chaine hercynienne, elle surélève le pluton et l'amène à l'affleurement. C'est l'érosion qui décape les gneiss sus-jacents et qui découvre ainsi le pluton granitique.

Érosion alpine : l'érosion glaciaire, en empruntant les lignes de fractures du granite, façonne le pluton selon un motif particulier lui conférant sa forme en aiguille.

A partir de cette histoire géologique de l'aiguille Dibona, nous pouvons dès lors envisager les modalités de la médiation qui mettrait en œuvre cette reconstitution historique. C'est ce que nous nous proposons de faire dans la partie suivante, dans laquelle nous organisons une synthèse de cette analyse a priori.

4.2.1.3 La mise en œuvre d'une médiation scientifique autour de l'histoire géologique de l'aiguille Dibona : synthèse de l'analyse a priori

Compte tenu de l'analyse que nous avons faite de la géologie de l'Aiguille Dibona, et de notre cadre théorique, nous pouvons maintenant envisager les modalités de mise en œuvre de la médiation scientifique destinée à raconter l'histoire de cet éperon de granite. Nous continuons à nous appuyer sur les trois axes d'analyse que nous avons mis en œuvre dans notre problématique :

(a) Le rôle du récit dans la construction spatio-temporelle des objets géologiques : la construction d'un registre empirique partagé

(b) La mise en œuvre d'une causalité narrative pour construire la rationalité historique

(c) L'exploration des mondes possibles par la fiction

Le rôle du récit dans la construction spatio-temporelle des objets géologiques : la construction d'un registre empirique partagé

Activité phénoménologique

La construction du registre empirique partagé, nous l'avons dit suppose une activité descriptive qui prenne en compte au moins deux éléments fondamentaux : le *détachement du réel sensible* et le *référencement systématisé.* De ce point de

vue, le travail de description de la Dibona consiste en une description de « l'objet aiguille Dibona » et une description du granite qui la compose.

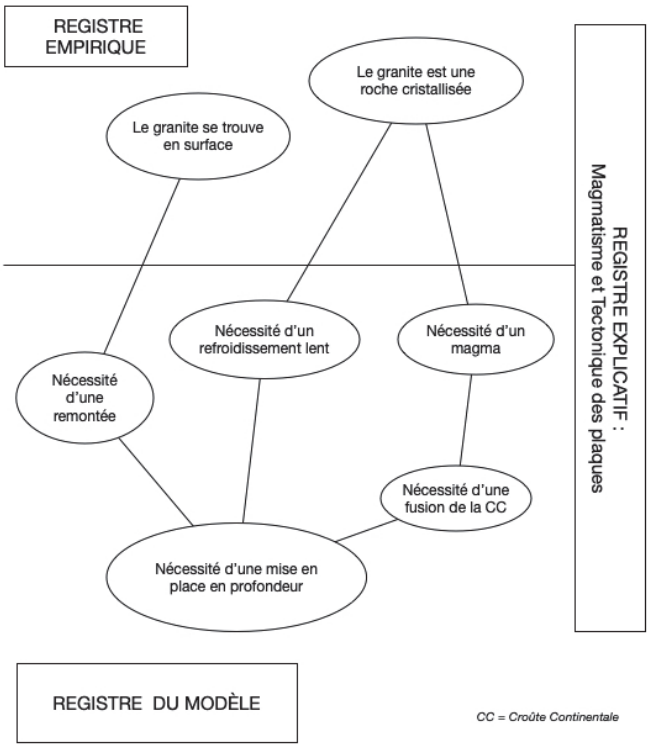
L'objet « Aiguille Dibona » doit subir un traitement particulier qui relativise la portée de sa morphologie en aiguille, sur laquelle le regard peut se porter de façon trop insistante pour un amateur. En plaçant la Dibona dans son contexte de cirque granitique et en envisageant de l'observer sous un angle moins photogénique, le médiateur peut renvoyer le travail de description à l'ensemble du massif. En effet, l'histoire de la Dibona, comme nous avons pu le voir est en fait l'histoire du pluton granitique des Étages qui a été érodé selon des lignes de fracturations liées à la structure en écailles d'oignon caractéristique de ce type de pluton granitique. En déconstruisant l'image de l'aiguille, le médiateur peut ainsi focaliser la description sur la roche granitique : celle-ci est à portée de la main car tout les alentours du refuge sont parsemés de blocs de granite. Les participants peuvent ainsi entrer en contact avec cette roche, l'observer à plusieurs. En étant guidé dans cette observation, il est possible, même pour un amateur de faire ressortir les caractéristiques du granite : roche formée de grains, trois minéraux caractéristiques, identifiable par leur couleur.

La description du granite doit pouvoir conduire à le désigner comme une roche magmatique. Cette partie n'est pas aisée. Elle mobilise nécessairement un cadre théorique que ne possède pas le simple amateur. En engageant une cadre théorique délimité, le médiateur doit pouvoir associer les objets du réel à des *catégories de propriétés* qui permettent de les construire comme objets géologiques. Ainsi, le granite en tant que *roche grenue* doit être placé dans la catégorie des *roches cristallisée* (= à grains), chaque grain se formant par cristallisation : comme nous l'avons dit, la construction de l'objet géologique suppose la mise en œuvre d'une *phénoménologie*. Le granite ne peut être compris comme roche cristallisée que par l'intermédiaire du *phénomène de cristallisation*. Nous rappelons ici la nécessité de mobiliser un phénomène pour cerner l'objet qui en est le résultat. Or de ce phénomène, l'objet ne prend de sens. Le travail de terrain, qui consiste en une recherche d'indices, suppose donc que les traces repérées sur le terrain ne prennent une signification géologique que lorsqu'elles ont acquis un statut phénoménologique : elles sont désignées comme étant le résultat d'un phénomène géologique. Cette approche phénoménologique répond à ce que nous avons désigné comme un référencement systématisé : le référencement permet de déterminer un certain nombre de « coordonnées » (que nous entendons ici par des qualificatifs conduisant à en restreindre les significations) ; la systématisation répond à un besoin méthodologique de procéder selon des protocoles définis, contraignants, afin de traites l'ensemble des objets/traces de la même manière.

Cette phénoménologie doit donc être contrôlée : il ne s'agit pas ici de mobiliser une phénoménologie de sens commun. Les explications *ad hoc*, qui s'en tiendraient

juste à une solution cohérente avec l'empirie, ne permettent pas la construction de savoir rationnel. Cette phénoménologie doit conduire à reconstituer les *raisons d'exister* d'un tel granite de la Dibona. Ces raisons sont explorées au travers d'une recherche des nécessités, au sein d'une problématisation qui met en tension l'empirie (le granite de la Dibona) et le modèle (roche cristallisée). Nous présentons dans la figure 4.2.10 page suivante l'espace de contraintes et nécessités que l'on peut construire dans le cadre du problème « origine du granite de la Dibona ». Cet espace se construit au sein d'un Registre Explicatif qui mobilise les notions de magmatisme et de tectonique des plaques. Dans la mesure où n'est abordé ici que le « fonctionnement » du magmatisme à l'origine d' « une » roche magmatique comme le granite de la Dibona, cet espace peut être considéré comme un *« espace fonctionnaliste de contraintes et nécessités »*.

FIGURE 4.2.10 – Espace fonctionnaliste des contraintes et nécessités « Formation du granite de la Dibona » tel qu'il est construit par les géologues



La prise en charge des temps

La prise des temps géologiques dans la géologie de terrain suppose comme nous l'avons dit, de procéder à une organisation spatiale des objets géologiques. C'est dans l'organisation spatiale de ces objets géologiques que le temps peut être « *configuré* ». Il s'agit donc, pour reconstituer l'histoire géologique de la Dibona, de mobiliser des temps cycliques, propres aux phénomènes, et des temps linéaires, propres aux événements. Il s'agit surtout de dissocier ces deux modalités d'accès au temps (voir fig 4.2.11 page 267) .

Engager les phénomènes dans les temps linéaires sans aucun contrôle dans les explications reviendrait à raconter une histoire à partir d'un modèle. C'est là un premier obstacle, qui consisterait à raconter l'histoire du granite de la Dibona par simple connaissance du magmatisme. La dimension singulière de l'événement « Formation de l'aiguille Dibona » est ici transformé en un ensemble de phénomènes. Cela n'est pas suffisant pour construire une reconstitution historique.

Engager les événements dans les temps cycliques conduirait à produire de l'événementiel, du catastrophique. Les catastrophes se caractérisent en effet par leur survenue cyclique qui ponctuent des périodes de calme, de stabilité. Cette alternance changement/stabilité doit donc être controlée, afin d'éviter de mobiliser le catastrophique de façon exagérée. Il est à noter que les géologues ont recours, pour reconstituer l'histoire de la Dibona, à des scénarios qui présentent des événements catastrophiques tels que des éboulements de grande ampleur. L'événement catastrophique n'est donc pas, en lui même une explication fantaisiste. C'est son utilisation spontanée, faisan obstacle, qui nous intéresse.

La mise en œuvre d'une causalité évoluée

Explications historiques et narrations

Dès lors que l'explication s'engage dans la narration, elle embarque avec elle les temps linéaires. Nous avons montré que la prédisposition à la narration tendait à systématiser la linéarité des faits. Or, cela reviendrait à confondre phénomènes et événements ; et à prendre des nécessités historiques pour des nécessités fonctionnalistes. Ainsi, dans le cas particulier de la formation de l'Aiguille Dibona, il s'agit de ne pas de mobiliser les temps linéaires dans les explications fonctionnalistes. Construire l'explication du magmatisme à l'origine de la Dibona ne peut pas se limiter à une construction narrative chronologique telle qu'elle est présentée dans la figure 4.2.12.

FIGURE 4.2.11 – La prise en charge des temps dans la reconstitution de l'histoire géologique de l'Aiguille Dibona telle que la reconstituent les géologues

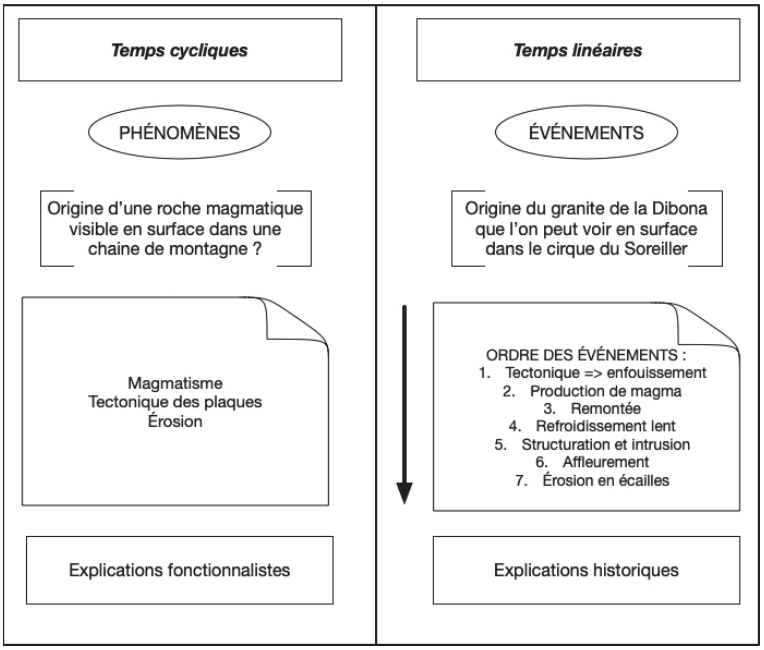
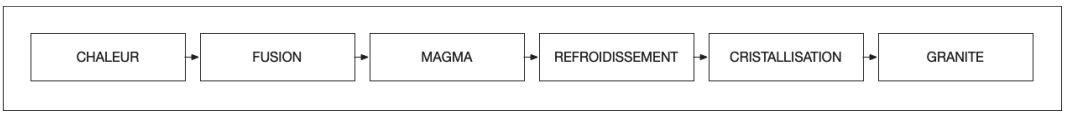


FIGURE 4.2.12 – Chronotrope fonctionnaliste de la formation du granite de l'Aiguille Dibona



Ce chronotrope fonctionnaliste montre que, si les éléments du schéma gardent une signification correcte au regard de l'explication fonctionnaliste, les liens qui sont faits entre ces éléments ne prennent pas la valeur d'une explication fonctionnaliste. Les flèches représentent à la fois l'écoulement du temps et une relation de causalité qui n'est pas clairement définie. Ce *raisonnement linéaire causal* fait donc obstacle à la construction d'une explication fonctionnaliste, première étape de la reconstitution de l'histoire du granite de l'Aiguille Dibona.

La mise en œuvre de la narration doit donc mettre en œuvre les temps cycliques et linéaire de façon dissociée. Comme nous l'avons précisée dans notre cadrage théorique, le temps cyclique est celui de l'explication fonctionnaliste : il est mis en œuvre comme temps de la matière. Il est en quelque sorte inhérent aux objets géologiques. Il est une variable « comme les autres » et peut être, au besoin, écarté des explications. A l'inverse, le temps linéaire est un temps émergent. C'est un temps qui provient des nos explications sur le monde. Il ne saurait être utilisé comme pré-existant à nos explications. C'est par l'antériorité relative des événements que le temps linéaire prend naissance. Dès lors l'histoire se construit par configuration de ces antériorités, ou, pour reprendre les termes de Ricœur : la configuration des événements et du temps.

Reconstituer l'histoire de la Dibona revient donc à :

1. Mobiliser une phénoménologie qui permet de recueillir des indices géologiques cohérents (trois indices principaux : granite, en surface, et écaillé)
2. Construire les explications fonctionnalistes qui permettent de comprendre l'existence d'une aiguille de granite écaillé à la surface de la Terre.
3. Construire les explications historiques en organisant la chronologie des événements : datation (intra-temporalité des phénomènes) et ordre chronologique (historialité). La datation pose des jalons qui repèrent le temps par rapport à l'actuel. La chronologie place les événements dans un ordre précis, imposé par les nécessités des événements antérieurs.

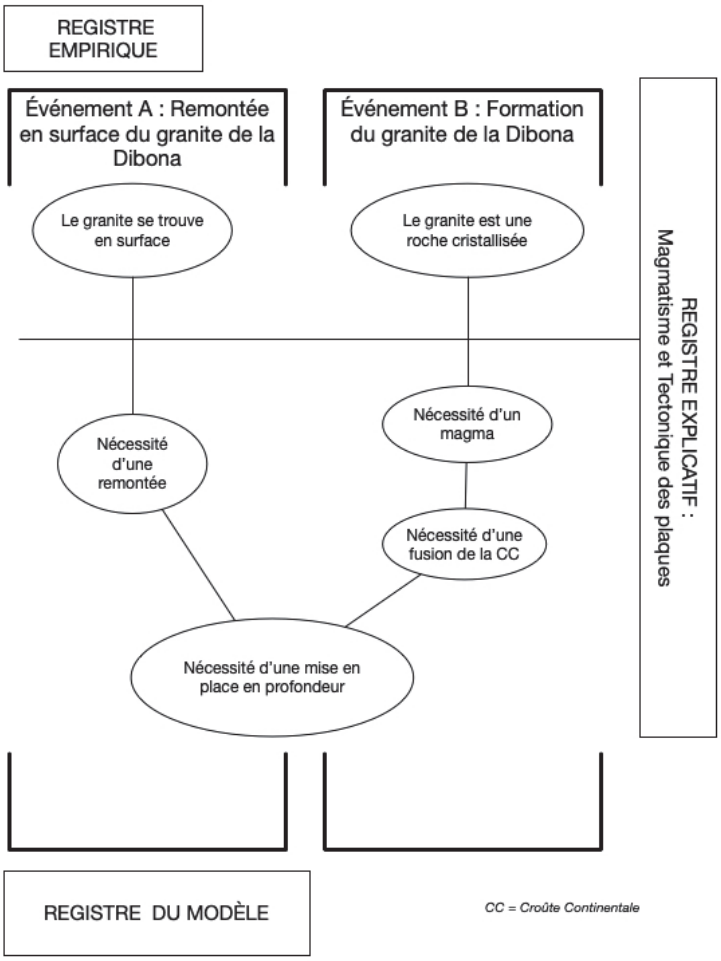
L'exemple de l'histoire de la Dibona montre ici que la reconstitution historique en géologie se construit autour de trois axes : phénoménologique, fonctionnaliste, historique.

Il nous reste à voir maintenant comment, au cœur de ces approches, se construit la causalité, notamment par la mise en œuvre de l'actualisme.

Nous avons abordé brièvement, dans la partie précédente, les formes d'explications qui sont mises en œuvre dans la cadre de la reconstitution de l'histoire du granite de la Dibona. Nous souhaitons montrer maintenant en quoi ces explications doivent se construire dans un cadre de problématisation.

Reprenons, en le simplifiant [12], notre schéma de l'espace de contraintes et nécessités « *Formation du granite de la Dibona* » (voir fig 4.2.13 page suivante). Ce schéma permet de reconstituer deux événements importants de l'histoire de la Dibona. Nous avons utilisé une représentation qui les fait apparaitre (Événements A et B de la figure 4.2.13 page suivante).

FIGURE 4.2.13 – Deux événements de la formation du granite de la Dibona



L'approche fonctionnaliste permet de mettre en tension des contraintes du registre empirique (le fait que la roche observée soit entièrement cristallisée) avec des nécessités du registre du modèle (présence d'un magma à l'origine des cristaux du granite). Les relations sont représentés par des *trait non-dirigés* (pas de flèches).

12. Nous avons notamment laissé de coté la nécessité « refroidissement lent » qui ne nous intéresse pas dans cet exemple.

C'est une façon, dans ce modèle fonctionnaliste, de montrer la mise à l'écart du temps : il n'y a pas de temps dans cette représentation. Mais si nous envisageons, à partir de ce modèle, de reconstituer les événements géologiques, nous sommes contraints de montrer les événements accomplis et ceux qui s'inscrivent dans une nécessité, articulée avec les nécessités fonctionnalistes. Expliquons-nous :

La présence d'une roche entièrement cristallisée telle que le granite blanc de la Dibona, impose que cette roche provienne de la cristallisation d'un magma lors de son refroidissement (nécessité fonctionnaliste). De même l'existence d'un magma impose la fusion d'une roche à l'origine d'un tel magma (nécessité fonctionnaliste). Mais il existe également une nécessité de nature historique, qui s'impose à cette explication, et qui pourrait paraitre une « *évidence* ». On ne saurait laisser cette évidence faire son chemin dans les explications sans en prendre le contrôle. Il pourrait sembler évident que la formation d'un magma (passage de l'état solide à l'état — partiellement — liquide) précède sa cristallisation (passage de l'état –partiellement– liquide à l'état solide). Cela n'a en fait rien d'évident pour un simple amateur de géologie. Le fait que cette fusion puisse, de plus être partielle, pose une difficulté supplémentaire. Quoi qu'il en soit, la schématisation d'une mise en œuvre des nécessités historiques dans un tel modèle conduit à diriger les liens entre les éléments des registres (voir fig 4.2.14 page 271)

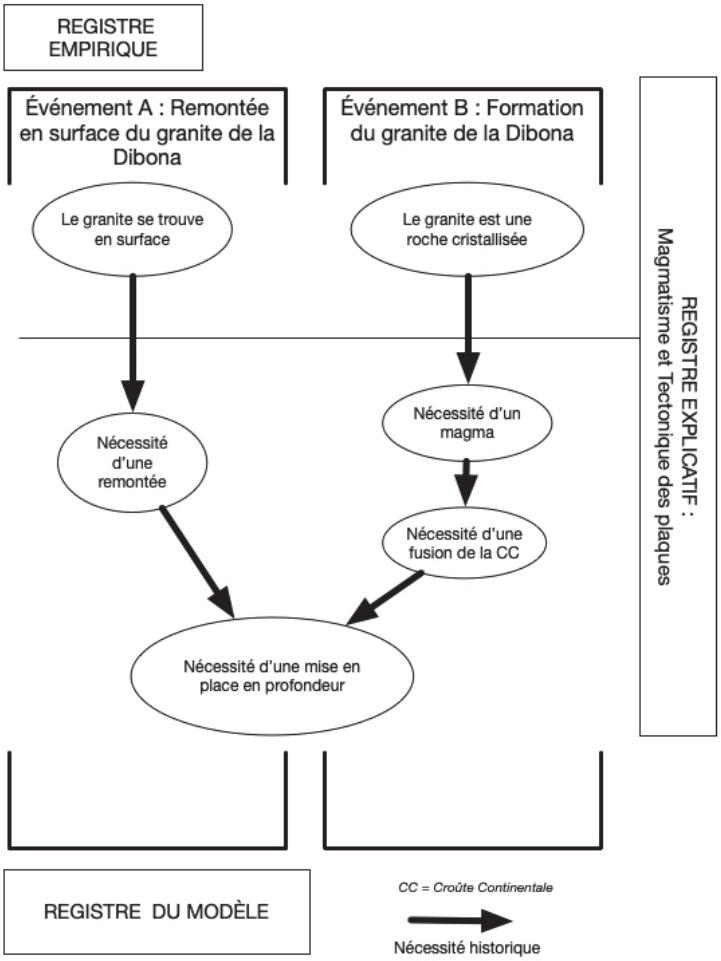
La recherche des nécessités historiques suppose donc de procéder à une *remontée dans le temps*, une *rétrodiction*. Dans une histoire racontée, une telle remontée est une « *analepse* » dont nous avons analysé les caractéristiques en partie théorique. Voyons comment elles peuvent être mises en œuvre dans le cadre d'une reconstitution historique.

Nous avons montré auparavant les liens qui pouvaient s'établir entre actualisme et analepses et les risques qui pouvaient exister quant à une utilisation non contrôlée des analepses. Il s'agit ici de mettre en évidence le recours aux deux formes d'actualisme.

- ≻ L'actualisme d'analogie doit permettre d'explorer les processus magmatiques de fusion des roches et de cristallisation des magmas. Les analogies à mobiliser ne sont pas d'une grande simplicité, mais elles ont la particularité de ne pas nécessiter de temps longs [13].
- ≻ L'actualisme constructeur de temps longs producteur de phénomène doit être mobilisé pour expliquer le mécanisme de remontée du pluton granitique. Deux obstacles importants se présentent dès lors :
  - ▷ l'*obstacle temps longs* est lié au fait que le réajustement isostatique, du fait

13. Dans la réalité, ces processus sont relativement lents ; le phénomène de fusion partielle à l'origine de la production de magma, dans le cas du granite de la Dibona, suppose un apport de chaleur issue des désintégrations radioactive de la croûte continentale. Ce processus prend du temps. Mais la modélisation analogique de la fusion en elle même s'inscrit dans les temps court de l'expérimentation.

FIGURE 4.2.14 – Les nécessités historiques des deux événements majeurs à l'origine de la formation du granite de la Dibona



de l'érosion qui évacue du matériel de la surface est un processus géologique relativement lent (du mm/an au cm/an environ). Aucun élément de l'expérience humaine ne peut aisément donner une idée de ce processus. Le phénomène de l'érosion est plus accessible (chute de pierres, accumulation de moraines, transport par l'eau,...) mais il a tendance à mobiliser la *catastrophique* : éboulements, glissements de terrains, inondations et coulées de boues, ...

- ▷ l'*obstacle « poussée d'Archimède »* qui est lié au phénomène d'isostasie. Comprendre qu'un continent (=croûte continentale) peut-être en position d'« équilibre » sur le manteau n'est pas aisé. Les analogies avec l'iceberg qui flotte sur l'eau sont des pièges car elle mobilise des liquides et des temps courts.

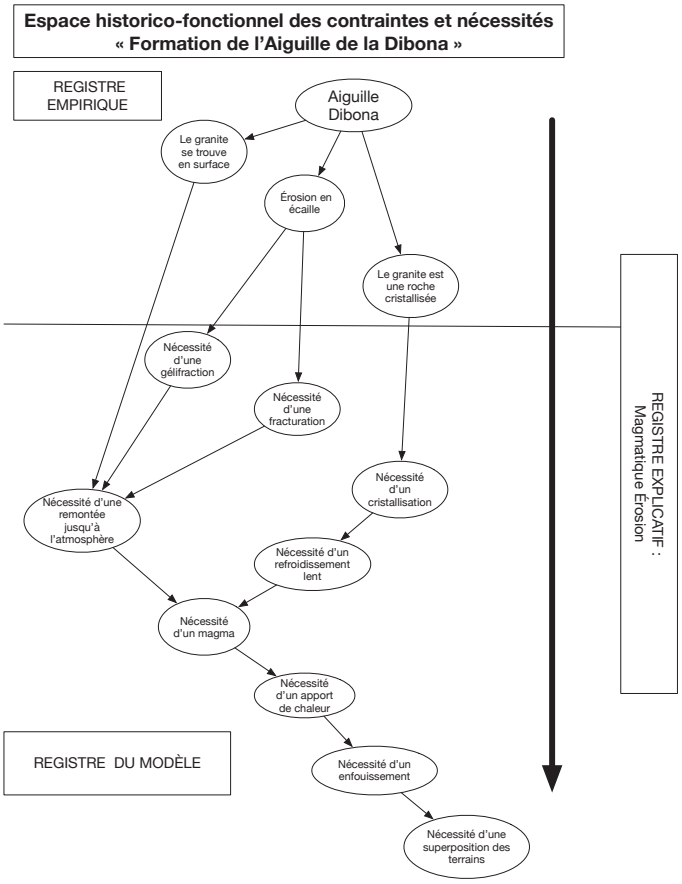
Vers une causalité narrative évoluée

La mise en œuvre d'une causalité évoluée par l'intermédiaire des analepses se confronte à un obstacle important qui est celui de l'évidence première selon laquelle l'*origine des objets réside dans leur passé*. Le sens commun attribut de façon semble-t-il assez systématique une origine aux objets par le fait qu'ils ont existé avant qu'ils ne s'actualisent *« hic et nunc »*. Si cette « évidence » est en partie vrai, elle fait obstacle selon nous à la construction d'une causalité évoluée qui impose que soient mises en place les raisons d'exister des objets ; raisons qui se construisent autour de la confrontation des registres empiriques et théoriques.

De plus, dans le cas de la reconstitution de l'histoire géologique de l'aiguille Dibona, les analepses doivent être au service de plusieurs formes de raisons : des raisons qui se construisent dans un cadre fonctionnaliste (et qui de ce fait relèvent de la nécessité fonctionnaliste) mises en œuvre grâce à l'actualisme ; et des raisons qui se construisent dans un cadre historique (et qui de ce fait relèvent de la nécessité historique) mises en œuvre grâce à une démarche rétrodictive qui révèle les antériorités relatives des événements. Une telle mise en œuvre des analepses devrait pouvoir conduire à dresser un espace de contraintes et nécessités qui tiendrait compte à la fois du fonctionnalisme utilisé pour construire les explications, et de l'historicisme utilisé pour organiser les événements dans le temps. Or, parce que la succession des événements les uns à la suite des autres est considérée dans le sens commun comme une *évidence*, cette succession devient un obstacle fort des situations de reconstitution des événements géologiques. Il importe donc pour le médiateur, s'il souhaite éviter de tomber dans une mobilisation naïve du « *flashback* », de procéder à une usage contrôlé et précis des analepses, qui ne se limite pas seulement à un bond en arrière. Il doit notamment distinguer ce qui relève de l'actualisme (un saut en arrière dans un cadre explicatif à la recherche de contraintes et nécessités fonctionnalistes) de ce qui relève de l'historicisme (un

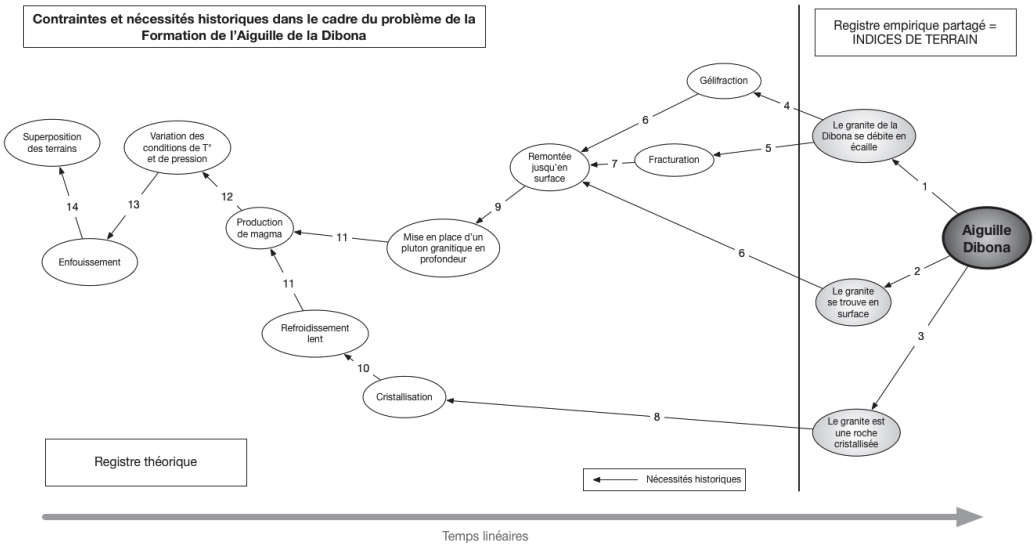
saut en arrière dans un cadre explicatif à la recherche de contraintes et nécessités historiques). Nous montrons dans la figure 4.2.15 page suivante comment un tel espace de contraintes et de nécessités peut être constitué.

FIGURE 4.2.15 – Espace de contraintes et de nécessités historico-fonctionnalistes dans le cas de la reconstitution de l'histoire géologique de l'aiguille Dibona



Une telle construction permet ensuite de positionner les événements géologiques dans le temps, tels qu'ils pourraient être « racontés » sous la forme d'une histoire canonique (au sens où les spectateurs peuvent l'attendre, c'est-à-dire avec un début, un milieu et une fin). Nous présentons cette histoire, en insistant sur les nécessités historiques qui la composent, dans la figure 4.2.16 page 275.

FIGURE 4.2.16 – Histoire géologique de la Dibona



Les nécessités qui articulent chacun des événements sont numérotées de 1 à 14 et sont explicitées dans le tableau 4.1.

TABLE 4.1 – Légendes de la figure 4.2.16 : Ensemble des nécessités historiques de la reconstitution historique de l'histoire de l'aiguille Dibona.

1 : Nécessité d'un débit en écailles donnant la forme typique de l'aiguille
2 : Nécessité d'une présence en surface pour être accessible à l'observation
3 : Nécessité de la formation de cristaux qui compose la roche granitique (cristallisée)
4 : Nécessité d'un processus de gélifraction qui emprunte les lignes de fracturation du granite
5 : Nécessité d'une fracturation du granite
6 : Nécessité d'une remontée en surface
7 : Nécessité de l'acquisition d'un comportement cassant
8 : Nécessité de la cristallisation des minéraux du granite
9 : Nécessité de la mise en place d'un pluton granitique en profondeur
10 : Nécessité du refroidissement lent d'un magma de composition granitique
11 : Nécessité de l'existence d'un magma de composition granitique en profondeur
12 : Nécessité de production d'un magma par franchissement du solidus de la roche
13 : Nécessité d'un enfouissement
14 : Nécessité d'une superposition tectonique des terrains

L'exploration des mondes géologiques possibles par la fiction

Il nous reste à évoquer ici un dernier aspect qui nous parait important dans la reconstitution de l'histoire géologique de l'aiguille Dibona. La mobilisation de virtualités, imposées par le cadre théorique fort de la géologie de la Dibona, constitue une difficulté potentielle pour le non-initié. Nous avons dit plus haut l'importance de la fiction dans un tel contexte. Voyons ici comment elle pourrait être envisagée dans un discours de médiation scientifique.

La fiction est avant tout un support de l'activité mimétique qui prend place au cœur du récit. Dans une histoire en construction, la fiction joue un rôle de mise en place d'un « *semblant de réel* ». Dans le cas de la géologie, ce semblant de réel est relativement inaccessible pour un amateur. La fiction représente dès lors un support semble-t-il efficient pour faciliter l'accès à certaines formes de virtualités.

Ce que nous avons évoqué dans le tableau 3.4 page 221 nous permet ici d'envisager une organisation du discours, autour d'une activité fictionnelle, en appui sur quatre éléments :

- *La fiction apporte un gain cognitif* : la fiction permet de ne pas se limiter au réel de sens commun, d'aller chercher autre chose que ce que l'évidence propose. La fiction ouvre notamment à un univers différent du quotidien qui empêche de penser les virtualités scientifiques. Par exemple, la dimension contre-intuitive qui fait du granite — roche (de sens commun) très solide — une roche sensible à la gélifraction, peut être abordée par la fiction. L'expérience de pensée qui suppose d'imaginer le rôle de la glace dans des fissures du granite relève typiquement de la fiction. Il faut imaginer de l'eau sous forme de glace, capable de produire une force responsable de l'éclatement du granite.
- *La fiction permet une économie représentationnelle* : la fiction engage le regard dans une direction privilégiée. Ainsi, elle focalise l'attention sur un nombre réduit de contraintes. Le regard peut ainsi être détourné de l'évidence et dirigé vers l'essentiel. En construisant une image simplifiée du pluton granitique des Étages, il est ainsi possible, grâce à la fiction, de s'écarter de l'image trop saillante de l'éperon (l'aiguille pointue) et mettre en place une image *sobre* (que l'on peut qualifier d'économe en terme de représentation) qui simplifie l'objet. Dès lors, le pluton granitique prend une allure de « masse rocheuse » qui ouvre à la compréhension des échelles spatiales utilisées (le pluton granitique du vallon des Étages recouvre plusieurs massifs montagneux et il est difficile de le cerner par une simple observation).
- *La fiction permet de manipuler le virtuel* : les expériences de pensée qui sont nécessaires pour envisager les mécanismes à l'origine du magma granitique de la Dibona sont accessibles grâce à virtualités qui prennent naissance dans le quotidien (pression et température par exemple sont « expérimentées » chaque jour dans le quotidien) et qui sont transposées par la fiction, aux problèmes géologiques. Ainsi, les analogies que l'on peut faire entre les expériences culinaires (modification de la température d'ébullition sous l'effet de la pression par exemple) et les processus magmatiques sont de véritables fictions. Il s'agit d'imaginer une forme de non-actuel, et surtout d'en retirer une conclusion que la simple imagination est censée être capable de formuler. C'est par la fiction, par exemple, qu'il est possible de concevoir, en l'imaginant, une fusion

d'une roche par variation de pression, et non par variation de température. L'analogie avec l'ébullition de l'eau produite dans une enceinte dans laquelle on a créé une dépression (pression inférieure à la pression atmosphérique) peut être réalisée par la pensée : c'est là le pouvoir de la fiction de forcer l'imaginaire à produire des conclusions.

- ≻ *La fiction permet de construire le virtuel par combinaisons de mimèmes* : une fois les objets constitués (qu'ils soient virtuels ou non), la fiction permet de les combiner par la pensée pour reconstituer un ensemble cohérent, sans avoir à passer par une mise en œuvre dans le concret. En ce sens, la cohérence issue de telles combinaisons relèvent de la mise en œuvre des contraintes et nécessités que nous avons déjà longuement évoquées. Ainsi, la fiction « joue » avec les mimèmes en établissant entre eux des liens de nécessité, qui répondent selon nous au besoin de construire des savoirs géologiques apodictiques. De ce fait, toute reconstitution historique relève de la fiction, dans le sens où les événements sont posées comme réels. Mais ils ne le sont que relativement à la capacité de nos explications à fournir une vérité. Nos histoires géologiques sont donc des fictions. Et il en va de même de celle de l'aiguille Dibona.

Il nous reste un dernier point sur lequel la fiction attire notre attention. Cela concerne les temps longs qui constituent, nous l'avons déjà évoqué, un des obstacles majeurs en géologie. Nous souhaitons montrer que ces temps longs représentent une forme de *contre-factualité*. Positionner des événements le long des temps linéaires est relativement accessible à chacun d'entre nous. Mais dès lors que ces temps sont des temps longs, le problème de leur incommensurabilité se pose. Nous pensons que c'est la fiction qui nous permet pourtant d'accéder à ces temps longs. C'est d'ailleurs une hypothèse forte que nous avons posée en cadre théorique. Le fiction serait le mode d'accès aux temps longs géologiques dans la mesure où elle permet de jouer avec ces temps en les posant comme contre-factuels. En accélérant le temps, dans les modélisations par exemple, la fiction rend accessible un univers qui resterait obscure si l'on devait s'en tenir aux variables du réel factuel.

Dans le cas de la Dibona, une telle contre-factualité peut se mettre en place par la mise en œuvre de modèles explicatifs « accélérés » au service de l'histoire géologique. Mais une telle accélération des temps pose un problème quant à la nature des processus reconstitués. Car dans le modèle, ce qui semble être un processus continu peut s'avérer être une combinaison artificielle d'événements sans relation particulière, et donc discontinus. C'est ce que nous désignons par « *continuité stroboscopique* » : les occurrences d'événements différents étant tellement accélérées (comprimées les unes sur les autres) que la pensée ne parvient plus à les discerner. Il y a alors un effet de continuité alors que les événements géologiques qui se suivent dans le temps sont discontinus et ne relèvent pas forcément entre eux de la nécessité.

Il semble donc que ce phénomène de compression des événements géologiques le long de l'histoire se développe dans le sens inverse d'une construction rationnelle de l'histoire géologique, qui tendrait plutôt à dissocier clairement les événements pour en faire ressortir les relations de nécessité. Il importe donc que la reconstitution des événements géologiques à l'origine de l'aiguille Dibona, quand elle « compresse » les temps dans une histoire « racontée », soient articulée, nous pourrions dire « configurée » — en reprenant les termes de Ricœur (1983) — de telle sorte que chacun des événements soient effectivement construit sur des nécessités historiques. Dans le cas contraire, le risque évident est de mettre bout à bout des événements « bien rangés », et « bien serrés » dans les temps linéaires de l'histoire, mais sans réalité historique. Il semble donc fondamental pour le médiateur de prendre en compte avec le plus grand sérieux la dimension contre-factuelle de ces « pseudo-temps longs » de l'histoire s'il ne veut pas construire une histoire géologique qui n'aurait aucun fondement historique.

Conclusion : relance de la problématique dans le contexte « Dibona »

Une fois posés ces éléments de contextes géologiques ainsi que les contraintes « didactico-médiatiques » qui leur sont associées, il nous faut dès lors engager une reformulation de nos questionnements. Il s'agit en effet ici de redéfinir notre problématique au regard des contextes particuliers des situations que nous envisageons d'analyser. Nous conservons nos trois axes de questionnement : (a) Construction d'un registre empirique partagé ; (b) Mise en œuvre d'une causalité évoluée ; (c) Exploration des mondes géologiques possibles.

Construction d'un registre empirique partagé : En quoi la mise en récit permet-elle la construction d'un registre empirique partagé à l'origine de l'histoire géologique de l'aiguille Dibona ? Nous pensons que deux niveaux de questionnements se posent ici.

- Comment le médiateur de terrain parvient-t-il, dans le contexte d'une mise en récit de l'histoire géologique de la Dibona, à s'écarter du *réel sensible*, que nous avons décrit comme un obstacle important à la construction des objets géologiques de terrain ? En quoi le récit permet-il d'engager le travail systématisé de *description* des objets (ici : un pluton granitique organisé en écailles) ? Pour le dire autrement : comment le médiateur procède-t-il pour construire l'objet « pluton granitique » plutôt que l'objet « aiguille », qui relève trop du réel sensible ? D'autre part, comment le médiateur organise-t-il sa *problématisation* afin de ne pas construire que des phénomènes ? Quelles précautions prend-il par exemple pour ne pas s'en tenir uniquement à une approche fonctionnaliste du magmatisme à l'origine du granite de la Dibona ? Comment positionne–t-il dès lors

les événements magmatiques dans un « *hic et nunc* » qui est seul à pouvoir faire histoire ? Dans quelle mesure prend-il en compte le besoin de construire l'histoire géologique de la Dibona sur une problématisation qui s'appuie sur des *nécessités historiques* ?

- La prise en charge des temps est une dimension problématique de la construction de l'histoire géologique. Comment le médiateur prend-il en charge ces temps géologiques dans leur diversité ? Comment articule-t-il par exemple le temps cyclique du magmatisme avec le temps linéaire de son histoire en construction ? Dans quelle mesure parvient-il à s'écarter de son modèle fonctionnaliste (le magmatisme qui produite le granite) afin de produire une histoire unique (celle du granite du la Dibona), différente d'une simple transposition d'un modèle vers la réalité ? La question du temps se pose donc en terme de construction des événements : quel soin particulier le médiateur prend-il pour construire une historialité des événements ? Comment compose-t-il son histoire entre temps linéaires et événements ?

Mise en œuvre d'une causalité évoluée : La construction de l'histoire suppose que soit mise en œuvre une explication historique, c'est-à-dire une *narration* qui cherche à faire comprendre (en termes simples : une histoire qui tente de faire comprendre ce qui s'est passé). Dans quelle mesure le médiateur met-il en place une narration construite sur les trois moments que nous avons définis dans nos analyses : 1) *Phénoménologie* ; 2) *Intra-temporalité ;* 3) *Historialité* ? Ainsi, dans l'exemple du pluton granitique de l'aiguille Dibona, le magmatisme (construction phénoménologique) peut-être daté (intra-temporalité) et ensuite organisé dans une succession ordonnée d'événements (historialité). Le médiateur procède-t-il de la sorte ? Engage-t-il une vraie narration ou insère-t-il seulement des phénomènes dans les temps linéaires de l'histoire racontée ?

Mais la construction de l'histoire ne suppose pas seulement une insertion des événements dans une succession temporelle : ces événements doivent développer entre eux des *liens*, que nous avons définis comme avant tout des liens de *nécessité*. Et ces nécessités ne relèvent pas seulement d'une causalité fonctionnaliste. Elles dépendent également fortement de la mise en œuvre du principe *d'antériorité*. C'est par la construction des nécessités historico-fonctionnalistes que l'histoire acquière une rationalité historique. Dans le cas de la Dibona, nous avons dit que cette causalité évoluée devait se mettre en place grâce à une *rétrodiction*, qui met partiellement de coté les causes mécanistes (magmatisme, fracturation, érosion, notamment) afin de mettre en tension les événements selon leur ordre dans l'histoire en construction. Ce n'est pas ce qui se

produit qui importe dès lors, mais la succession de ce qui se produit. La configuration des deux dimensions des événements produit ce que nous avons désigné par « causalité évoluée » : une causalité narrative au service d'une explication historique rationnelle.

Exploration des mondes géologiques possibles : Reconstituer une histoire géologique nécessite également une représentation du monde passé. Le passé, en tant que non-actuel, constitue un univers de virtualités, qui sont autant de possibles historiques et que le médiateur doit pouvoir explorer avec son public. Comment met-il en place une telle exploration des possibles virtuels ? Dans quelle mesure engage-t-il l'imaginaire dans la construction des virtualités associées à l'histoire de la Dibona : roche en fusion, surrection des racines de montagne, érosion en écaille, ... ? Cherche-t-il, par le recours à la fiction, à répondre aux contraintes fortes que nous avons mises en évidence dans la reconstitution de l'histoire de la Dibona ?

4.2.2 La situation « Valon du Fournel »

Nous présentons dans cette partie la deuxième situation que nous étudions ; il s'agit de l'intervention d'un médiateur de terrain qui reconstitue un épisode de l'histoire du vallon du Fournel, une petite vallée située à proximité de Briançon. Nous nommerons dorénavant cette situation : « Fournel-RC ». Nous présenterons dans un premier temps le cadre géologique qui permet au médiateur de mettre en place son discours. Nous montrerons également dans quelle mesure cette intervention relève d'une mise en récit de l'histoire géologique du vallon du Fournel. Nous pourrons ensuite reformuler nos questionnements, dans le cadre spécifique de cette situation.

4.2.2.1 Médiation de l'histoire géologique du vallon du Fournel

Contexte général de la situation « Histoire géologique du vallon du Fournel »

La situation de médiation que nous étudions maintenant » prend place dans un vallon perché au dessus du village d'Argentière-la-Bessée, dans les Hautes-Alpes (05) : le *vallon du Fournel* (voir Fig 4.2.17 page ci-contre). On accède à ce vallon par un chemin 4x4 qui conduit à un parking juste au dessus de la forêt, à proximité de la réserve biologique des Deslioures. Cette réserve, labellisée Natura 2000, « *abrite l'une des plus grosses populations d'Europe de chardon bleu (Eryngium*

alpinum) »[14]. Ce vallon, très enneigé l'hiver, n'est fréquenté l'été que par des randonneurs ainsi que des brebis qui paissent sur les pentes. Un sentier balisé permet de rejoindre le haut du vallon. C'est ce sentier, situé sur les pentes sud du vallon, qui sera suivi, en partie, lors de cette sortie géologique.

FIGURE 4.2.17 – Le vallon du fournel

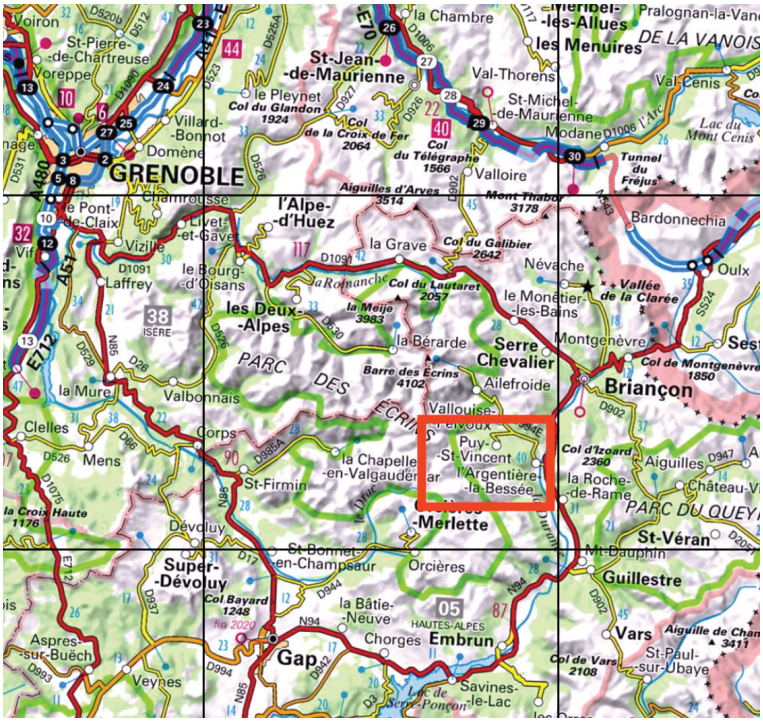
La situation

Le médiateur que nous suivons dans cette situation se nomme Raymond Cirio. Nous le désignerons désormais par RC. Il intervient à la demande de la mairie de l'Argentière-la-Bessée, qui, en contrepartie, verse une somme d'argent pour soutenir les activités de son association (le CBGA : voir note **??** page ??). Un public constitué d'une dizaine de personnes se retrouve sur le parking devant la mairie de l'Argentière. Tout le monde suit ensuite le véhicule de RC qui remonte le chemin 4x4 jusqu'au parking du Fournel (Station des Desliouses), point de départ de la sortie géologique (voir figures 4.2.18 page suivante et 4.2.19 page suivante). Cette sortie s'organise autour d'une courte randonnée, sur et hors sentier, ponctuée par des arrêts sur des affleurements géologiques (Figure 4.2.22 page 286).

L'intervention durera environ 3h00. Le temps de randonnée occupera relativement peu de temps : 1/3 du temps sera utilisé pour marcher pour 2/3 du temps pris pour explorer les affleurements. Ces affleurements se situent tous sur les pentes sud

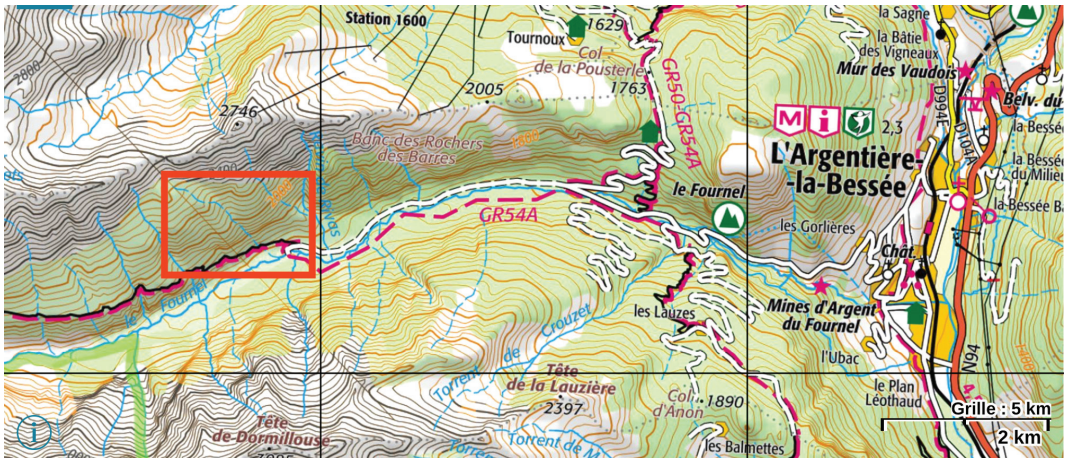
14. https://www.paysdesecrins.com/experiences/experiences-nature-detente-et-bien-etre/les-chardons-bleus-de-la-vallee-du-fournel-ete.
Consulté en décembre 2018.

FIGURE 4.2.18 – Localisation géographique du vallon du Fournel



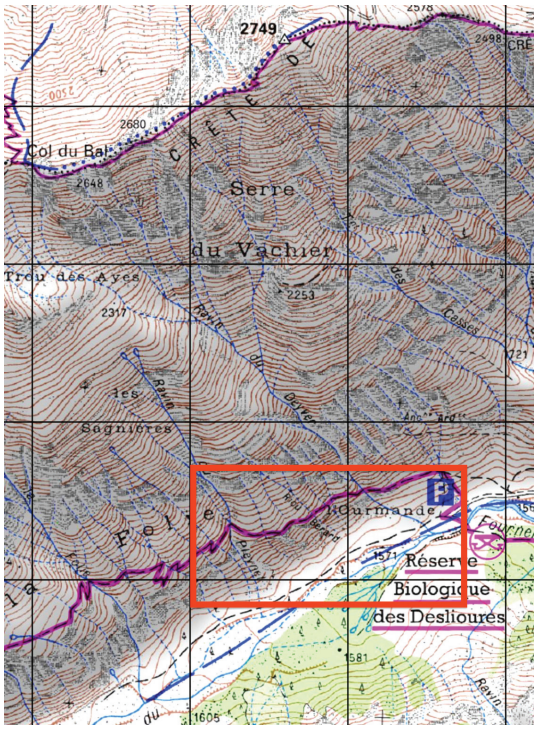
Le cadre rouge délimite le vallon du Fournel situé à l'ouest de l'Argentière-la-Bessée. Ce village est situé à 15 km au sud de Briançon (Hautes-Alpes-05)

FIGURE 4.2.19 – Localisation de la sortie géologique dans le vallon du Fournel



de la vallée. Ils sont relativement accessibles, mais certains nécessitent de quitter le sentier et de grimper un peu dans les pentes raides mais sans difficultés. Après le 8ème arrêt qui termine la sortie, le retour au parking se fait par le sentier facile qui redescend en oblique vers la réserve (figure 4.2.20).

FIGURE 4.2.20 – Localisation du parcours suivi lors de la sortie géologique dans le vallon du Fournel



Le cadre rouge délimite la zone dans laquelle se déroule le parcours géologique.

Une fois la situation générale de cette randonnée géologique introduite, nous pouvons présenter les « acteurs » importants qui interviennent lors de cette sortie : (a) le terrain, (b) le public, (c) le médiateur.

Le terrain

Présentation générale

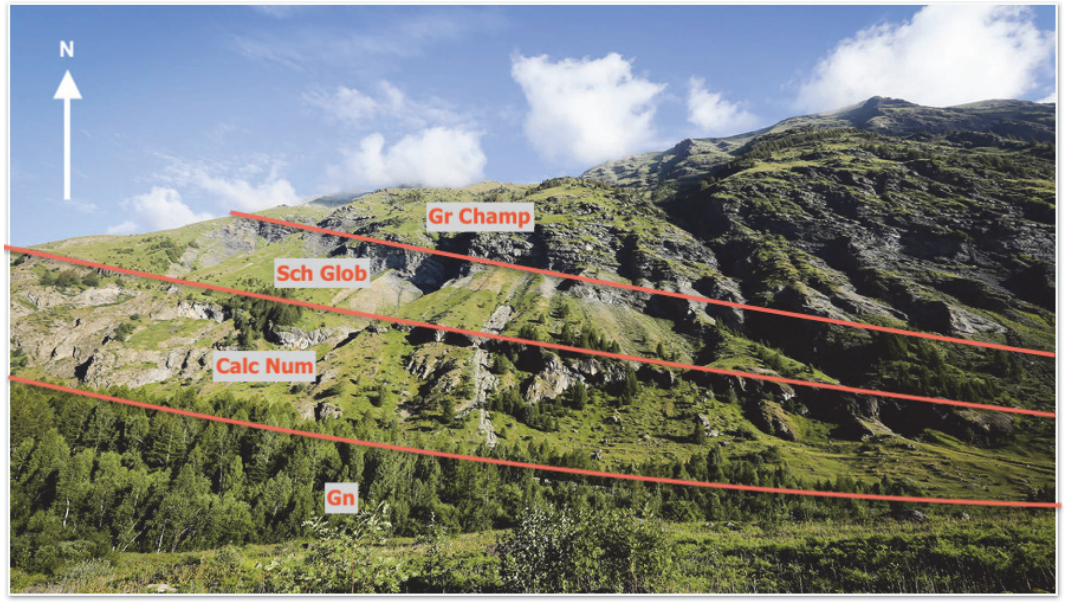
Le vallon du Fournel est un vallon glaciaire suspendu qui débouche dans la vallée de la Durance en aval de l'Argentière. Dans sa partie basse, le vallon est constitué de moraines et de terrains calcaires appartenant à la zone sub-briançonnaise. On trouve des quartzites triasiques contenant des filons de plomb argentifère qui ont été

exploités longtemps [15]. Ces terrains du Trias, faisant partie de la zone briançonnaise ne sont présents qu'à l'entrée du vallon, au niveau d'une gorge très encaissée, ou se trouve la mine (BRGM, 1997).

Le haut vallon du Fournel est une « boutonnière » allongée d'ouest en est au fond de laquelle apparait le socle cristallin, principalement gneissique, au pied des escarpements de Nummulitique (roches sédimentaires du Tertiaire, déformées par la tectonique alpine). Ces escarpements constituent la majeure partie des crêtes qui entourent le vallon. Ce sont en majorité des terrains gréseux (Grès du Champsaur), fortement plissés, qui montrent les alternances typiques du flysch autochtone nummulitique (Gidon, 2018).

Les pentes des flancs du vallon sont ainsi constituées d'un empilement de terrains du Tertiaire, directement en contact avec le socle cristallin (voir figure 4.2.21). C'est là une des particularités géologiques du vallon, autour de laquelle une histoire géologique va pouvoir se construire.

FIGURE 4.2.21 – Paysage géologique du vallon du Fournel



(Gn : gneiss ; Calc Num : Calcaire à nummulite ; Sch Glob : Schiste à Globigérines ; Gr Champ : Grès du Champsaur [Flysch autochtone])

15. http://www.vallouimages.com/pays-des-ecrins/vallon-du-fournel.htm. Consulté en décembre 2918. La mine d'argent du Fournel se visite maintenant. Elle est en cours de réhabilitation pour accueillir du public le long d'un plus grand parcours.

Le parcours géologique

Le vallon du Fournel offre donc des affleurements relativement accessibles, et un nombre limité de terrains géologiques dont la superposition ne présente pas une trop grande complexité géologique. Le parcours géologique suit, en partie, un sentier qui permet d'accéder à ces terrains en remontant le vallon en diagonale. Les arrêts du médiateur RC tiennent compte de cette superposition des terrains (voir figure 4.2.22 page suivante), les premiers terrains abordés étant les gneiss du socle, les derniers étant ceux situés le plus haut au dessus du sentier (Grès du Champsaur).

Le public

L'invitation à cette sortie géologique, ouverte au public, s'est faite par l'intermédiaire des médias locaux ainsi que par l'office du tourisme. Elle s'adresse principalement à un public de touristes, intéressé par la géologie et la découverte des espaces naturels de la région.

Les personnes présentes ne possèdent que quelques rudiments de concepts en géologie, mais certaines d'entre elles montrent des connaissances certaines dans ce domaine [16]. Comme nous aurons l'occasion de le re-préciser, nous n'étudions pas, dans ce travail de recherche, les interactions médiateur/public, ni la réception du discours du médiateur par le public. L'activité de ce public n'est donc considérée que dans la mesure où le médiateur en tient compte dans la production de son discours.

La météo de la matinée durant laquelle s'est déroulée cette sortie étant particulièrement clémente, la sortie s'est faite dans une ambiance de loisir. Le public est composé d'adultes + un enfant de 10 ans (le fils du doctorant qui écrit ces lignes !).

Le groupe s'est séparé vers midi, en remerciant chaleureusement le médiateur pour son intervention et la qualité de son discours.

Le public est reparti avec des plaquettes de présentation de la géologie du vallon du Fournel, ainsi que des documents sur l'association de RC. Ces plaquettes reprennent de façon assez simple mais précises, les éléments de géologie exposés durant la sortie.

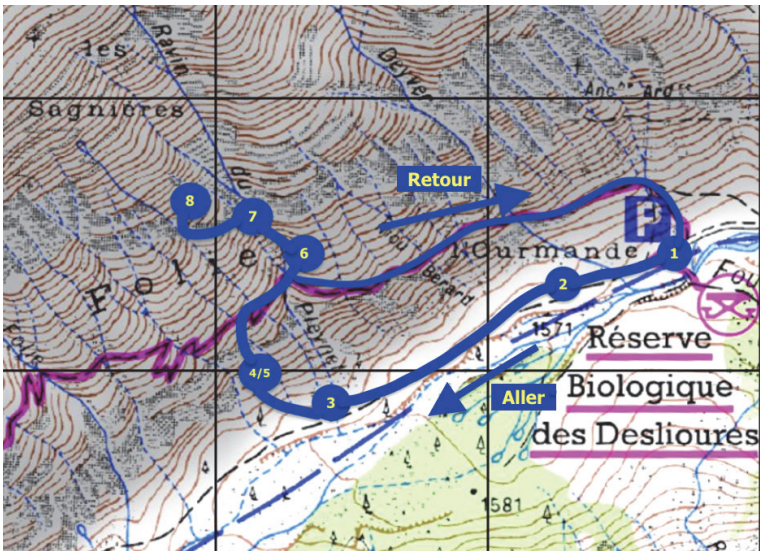
Le médiateur

Raymond Cirio (voir figure 4.2.23 page 287) jouit d'une excellente réputation dans la région de Briançon, où il a développé de nombreuses activités de géologie de terrain au sein de son association, le CBGA [17].

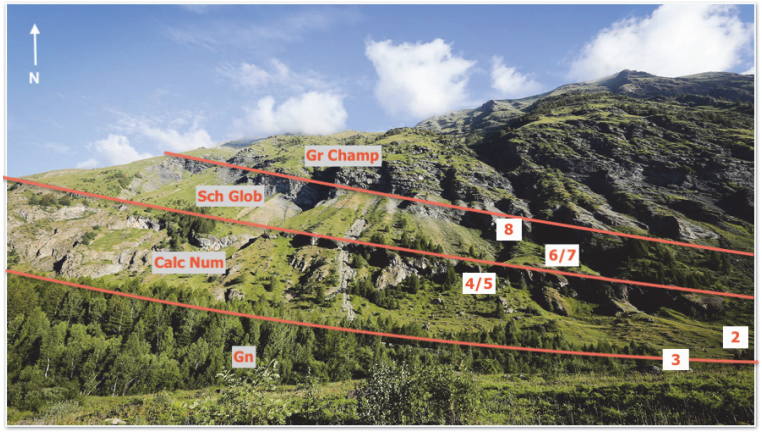
RC est un ancien professeur de SVT, qui a enseigné principalement à Briançon. Dans le cadre de son enseignement, il a organisé des sorties géologiques autour du

16. Le médiateur RC sera sollicité durant son intervention pour répondre à des questions

FIGURE 4.2.22 – Répartition des arrêts lors de la sortie géologique dans le vallon du Fournel



(a) Localisation des arrêts lors de la sortie géologique dans le vallon du Fournel (plan)



(b) Localisation des arrêts et terrains géologiques (L'arrêt nř1 se trouve sur le bas à droite de la photographie. Il correspond à l'introduction du discours de TC, à proximité du parking (point de départ de la sortie).

FIGURE 4.2.23 – Le médiateur de la situation « Fournel » : Raymond Cirio

lycée où il enseignait. La richesse géologique de l'endroit lui a permis d'aborder des thématiques fondamentales de l'enseignement de la géologie au lycée. Il a d'ailleurs grandement participé, auprès du ministère de l'Éducation Nationale, à la mise en œuvre des programmes de SVT afin qu'ils fassent un large place à la géologie. C'est notamment sous son impulsion que la géologie de terrain est devenu un incontournable de l'enseignement de SVT.

Le développement important de son association, qui accueille des scolaires, étudiants, futurs enseignants, enseignants en formation continue, amateurs de géologie et autres passionnés de roches, a conduit à la mise en place du Géoparc[18] des Alpes cottiennes, entre France et Italie, autour d'une grande quantité de géosites référencés, aménagés et autour desquels se sont mis en place de nombreuses médiations de la géologie de terrain. Le CBGA, et en particulier RC, est également initiateur de la mise en place d'une *« Maison de la géologie et du Géoparc*[19] »

traduisant une connaissance avérée de certains phénomènes de la géologie.

17. Centre Briançonnais de Géologie Alpine. Le CBGA est aujourd'hui à l'origine de la création de la « Maison de la géologie », à coté de Briançon, qui accueille un public d'amateurs de la géologie dans un musée, mais aussi, et surtout des scolaires qui viennent de partout en France pour faire de la géologie de terrain. Le centre propose aussi un hébergement et des salles de classe et de Travaux Pratiques. http://www.maisondelageologie.fr

Le CBGA a été initié par l'un des deux médiateurs que nous avons étudiés, Raymond Cirio. Du fait qu'il représente un personnage emblématique du développement de la géologie de terrain depuis un vingtaine d'années, il nous a semblé que sont discours méritait une analyse poussée dans une approche épistémologique, didactique et médiatique.

Il faut noter également que Raymond Cirio a fait parti de la commission des programmes de SVT et bénéficie de contacts privilégiés avec les instances de l'Éducation nationale.

18. Nous utilisons volontairement l'orthographe « Géoparc » et non « Géopark » afin de ne pas le confondre avec les parcs reconnus par l'UNESCO, dans le cadre des géoparks mondiaux. Ainsi, le Géoparc des Alpes Cottiennes n'entre pas dans le cadre de labellisation des Géoparks définie par l'UNESCO. Ce parc trans-frontalier, excessivement riche et étendu n'en reste pas moins d'un grand intérêt géologique. https://www.geoparc-alpescottiennes.eu/fr/geoparc. Consulté en Février 2019.

19. http://www.maisondelageologie.fr

à Puy St André, au sud de Briançon. Cette structure accueille le public, dans le prolongement du travail engagé auprès des scolaires, dans un musée organisé entre un parcours géologique reconstitué à l'extérieur de la maison de la géologie, et une exposition en intérieure, présentant l'histoire de l'océan alpin de la chaine des alpes.

L'activité de RC dans le développement de la géologie de terrain autour de la région de Briançon (mais également dans de nombreuses régions du globe [20]) est donc très importante depuis de nombreuses années. Il passe pour une référence en terme de médiation de la géologie de terrain, tant auprès du ministère de l'Éducation Nationale, que des élus locaux ou des enseignants ayant bénéficié de ses formations de terrain. Il est maintenant soutenus par des accompagnateurs en montagne [21], qui ont suivi une formation interne à l'association, et qui lui succèdent progressivement sur le terrain.

Nous avons donc décidé d'engager des recherches sur le travail de médiation mené par ce personnage important de la géologie de terrain, qui intervient à la fois dans le cadre scolaire et dans un cadre davantage culturelle d'éducation non-formelle.

Géologie du vallon du Fournel

Le vallon du Fournel a subi de nombreux bouleversements géologiques issus de la tectonique alpine. Il témoigne surtout des phénomènes de collision et de charriage qui caractérise la tectonique de la chaine des Alpes. Ce vallon est donc un lieu de grand intérêt géologique pour explorer le terrain à la recherche des indices de ces mouvements tectoniques.

Cadre géologique général du vallon du Fournel

La géologie du vallon du Fournel se caractérise par l'absence de roches du Secondaire, ce qui fait que les roches du Tertiaire (dites « nummulitiques ») se retrouvent directement en contact avec le socle cristallin. L'analyse des caractéristiques des roches ainsi que leur organisation spatiale permettra de dresser un cadre géologique global de ce vallon. L'analyse de la structuration des terrains conduira à expliquer les phénomènes géologiques en jeu dans cette partie des Alpes. Nous terminerons cette partie en présentant le contexte tectonique global de la formation des Alpes tel qu'il est reconstitué par les géologues dans cette partie de la chaine alpine.

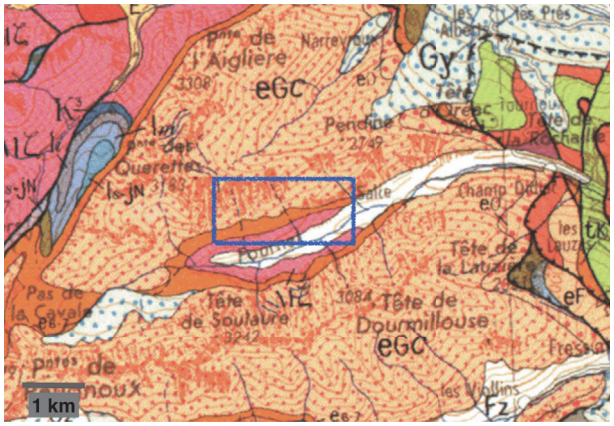
20. Le CBGA propose de nombreux voyages géologiques partout dans le monde
21. Plus d'une trentaine maintenant.

Les roches du vallon du Fournel

Les gneiss hercyniens

Le vallon du Fournel, au niveau de la station des Deslioures (zone à chardons bleus), est constitué principalement de roches métamorphiques d'origine hercynienne, des paragneiss migmatitiques (métasédiments partiellement fondus). Cette roche, correspondant à un ancien sédiment argilo-siliceux métamorphisé et parfois fondu, se présente sous la forme de blocs plus ou moins compacts, faits de minéraux groupés en lits alternativement clairs et sombres. Ce socle gneissique, visible dans le fond de la vallée, au niveau de ce que les géologues désignent par une « boutonnière » (voir la carte géologique 4.2.24 et sa légende 4.2.25 page suivante) est d'âge -330 MA à -310 MA (ère primaire). Il correspond au soubassement hercynien des Alpes, remobilisé lors de l'orogenèse alpine et érodé avant les dépôts du Tertiaire. C'est ce qui explique l'absence de roches sédimentaires du Secondaire.

FIGURE 4.2.24 – Carte géologique du vallon de la partie sud-ouest du massif du Pelvoux



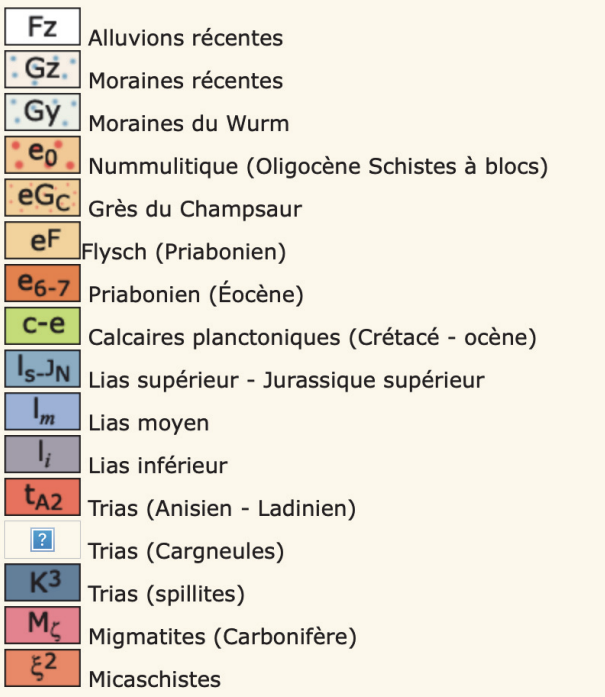
Carte géologique (https://www.geoportail.gouv.fr/carte). Le cadre bleu localise la zone où se déroule la sortie géologique « Fournel »

La couverture sédimentaire

Les brèches et conglomérats de base

On trouve, juste au dessus et en discordance, des brèches composées de blocs anguleux (ce sont des fragments de socle, de couleur rouille) enchâssés dans une matrice argilo-gréseuse. Cette brèche atteste d'une mise en place en milieu continental

FIGURE 4.2.25 – Légendes de la carte géologique (Gidon 2018). (D'après : Lithothèque Aix-Marseille : http://www.lithotheque.ac-aix-marseille.fr/Affleurements_PACA/05_fournel/carte_geologique_fournel.htm#haut_page) Consulté en décembre 2018.



(les éléments sont non-triés et non-usés, ce qui permet de conclure à l'absence de transport des éléments).

Au dessus des brèches, les dépôts deviennent des conglomérats fluviatiles (galets arrondis enchâssés dans une matrice argilo-gréseuse).

Les calcaires à Nummulites

On trouve au dessus de ces brèches et conglomérats, des roches calcaires, formant un « gros banc », bien visible dans le paysage (voir figure 4.2.21 page 284). C'est un calcaire à Nummulites, constitué de squelettes calcaires d'organismes vivants appartenant au groupe des Foraminifères : les *Nummulites*. Ces fossiles sont de très bons marqueurs stratigraphiques, caractéristiques du Paléogène (-65 à -23 MA). Ces organismes sont benthiques : ils vivaient sur le fond des océans. Cela constitue une indication importante pour ce calcaire à propos des conditions paléogéographiques qui régnaient au moment de sa formation (bassin sédimentaire peu profond). D'autre part ces nummulites, dans le cas du vallon du Fournel, sont très légèrement déformées.

Les schistes à Globigérines

Ils proviennent de marnes riches en argile qui ont subi d'importantes déformations tectoniques. Ces déformations peuvent notamment être déduites de la direction des linéations importantes observées dans les schistes. En l'occurence, ces linéations et déformations (cisaillement associés) indiquent un déplacement chevauchant de l'est vers ouest, correspondant à la tectonique générale affectant cette région des Alpes.

Les grès du Champsaur

Ces formations gréseuses [22] sont équivalentes des flyschs des Aiguilles d'Arves [23]. Elles sont constituées d'une alternance de niveaux clairs (gréseux) et de niveau sombres (schisteux). Ces grès du Champsaur ont été daté à -32 MA grâce à une coulée volcanique intercalée dans les roches. Elle termine vers le haut les formations de l'Ultradauphinois [24] à granoclassement caractéristique de flysch, affectés de plis

22. Ces formations gréseuses ne sont pas, au sens strict, des grès du Champsaur. Elles correspondent en fait aux parties gréseuses du flysch, qui repose, dans le cas particulier du Fournel, directement sur les schistes.

23. L'essentiel des versants du vallon du Fournel est une répétition de niveaux gréseux clairs et de niveaux schisteux sombres, conférant un aspect bariolé caractéristique à ces formations. L'ensemble constitue un flysch aussi appelé « grès du Champsaur ». Il a été daté à 32 Ma dans le Champsaur à l'aide de coulées volcaniques intercalées dans les grès. Ces trois dernières formations sont aussi qualifiées de « *trilogie priabonienne* ».

24. On distingue sous ce nom les écailles les plus orientales du domaine dauphinois, dans lesquelles une érosion souvent profonde s'est produite dès le début du Tertiaire. Cette zone se caractérise par la présence de dépôts détritiques (argileux, gréseux ou conglomératiques) d'âge nummulitique qui représentent les premiers produits de l'érosion de la chaîne alpine en train d'émerger localement (Gidon, 2018): http://www.geol-alp.com/alpes_francaises/alpes_zones.html#ultradauph. Elle correspond donc à la zone comprise entre la zone Dauphinoise à l'ouest et la zone

dont la morphologie traduit une tectonique en compression avec un sous-charriage des unités inférieures.

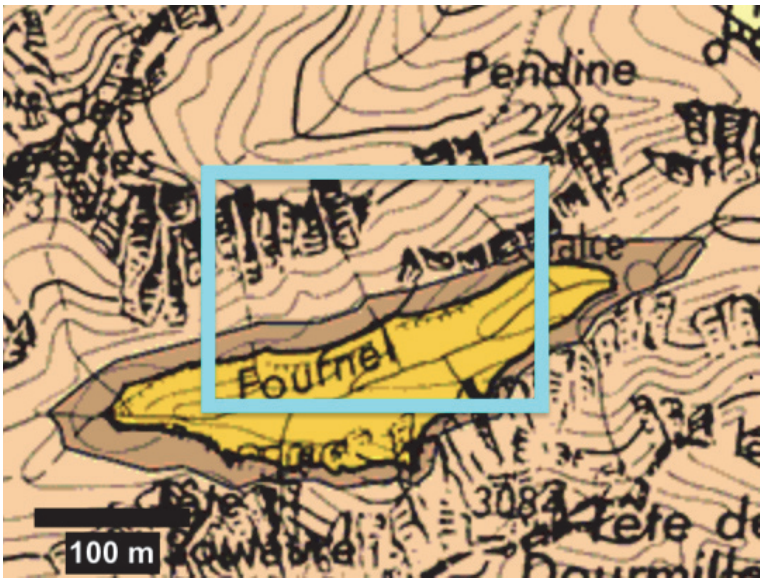
Conclusion

La stratigraphie des terrains du vallon du Fournel (terrains sédimentaires que l'on trouve en discordance sur les gneiss hercyniens) est donc relativement simple et correspond à la stratigraphie terminale de la zone dauphinoise. Elle se caractérise par une absence presque totale des terrains sédimentaires du secondaire [25] et par une superposition de terrains principalement détritiques (Argiles, grès et conglomérats). Ces dépôts détritiques correspondent aux premiers produits de l'érosion de la chaine alpine en train d'émerger (Gidon, 2018). Les trois roches successives, calcaires à Nummulites/schistes à Globigérines/Grès du Champsaur constituent la «trilogie Priabonienne».

Organisation spatiale des roches du Fournel

La boutonnière du Fournel tient son nom de la forme que prend la représentation de ses terrains sur la carte géologique (voir figure 4.2.24 page 289). Les terrains du nummulitiques semblent « *percés* » au niveau du fond de la vallée, et laissent apparaitre les terrains sous-jacents, les gneiss du socle (voir figure 4.2.26).

FIGURE 4.2.26 – Détail de la boutonnière du Fournel sur la carte géologique



Le cadre bleu indique la zone dans laquelle s'est déroulée la sortie géologique « Fournel ».

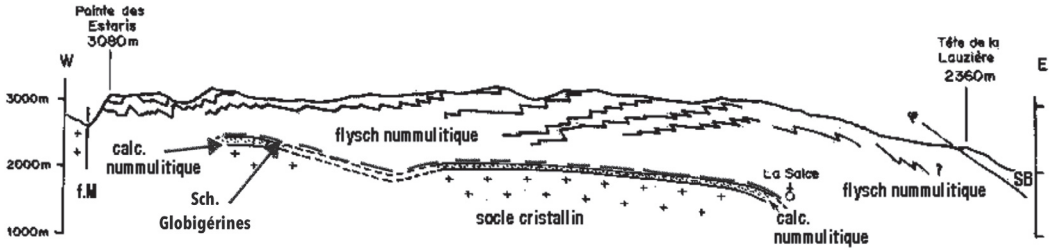
briançonnaise à l'est.

25. En l'occurence dans le vallon du Fournel ces terrains sont totalement absents.

Les terrains du nummulitiques sont donc en contact anormal avec le socle. Cela laisse supposer une érosion importante des terrains du Secondaire avant la mise en place des dépôts détritiques du Paléogène.

Les terrains se superposent en série normale : il n'y a pas d'inversion de la polarité des terrains. La tectonique n'a pas modifié l'ordre d'ensemble de superposition des terrains, si ce n'est que les unités briançonnaises, venant de l'est, se retrouvent par dessus le nummulitique ; mais ce contact se trouve plus à l'est du Fournel (Les sommets autour du Fournel étant en flysch des Aiguilles d'Arves / grès du Champsaur). L'organisation de ces terrains est présentée dans la coupe interprétative 4.2.27.

FIGURE 4.2.27 – Vue d'ensemble simplifiée de la superposition des terrains dans le vallon du Fournel (adapté de P. Plotto,1977)



Les terrains du Fournel sont placés à partir d'une transposition depuis le vallon de Dormillouse présentant la même organisation des terrains (d'après Gidon, 2018).

Les déformations

Les plis

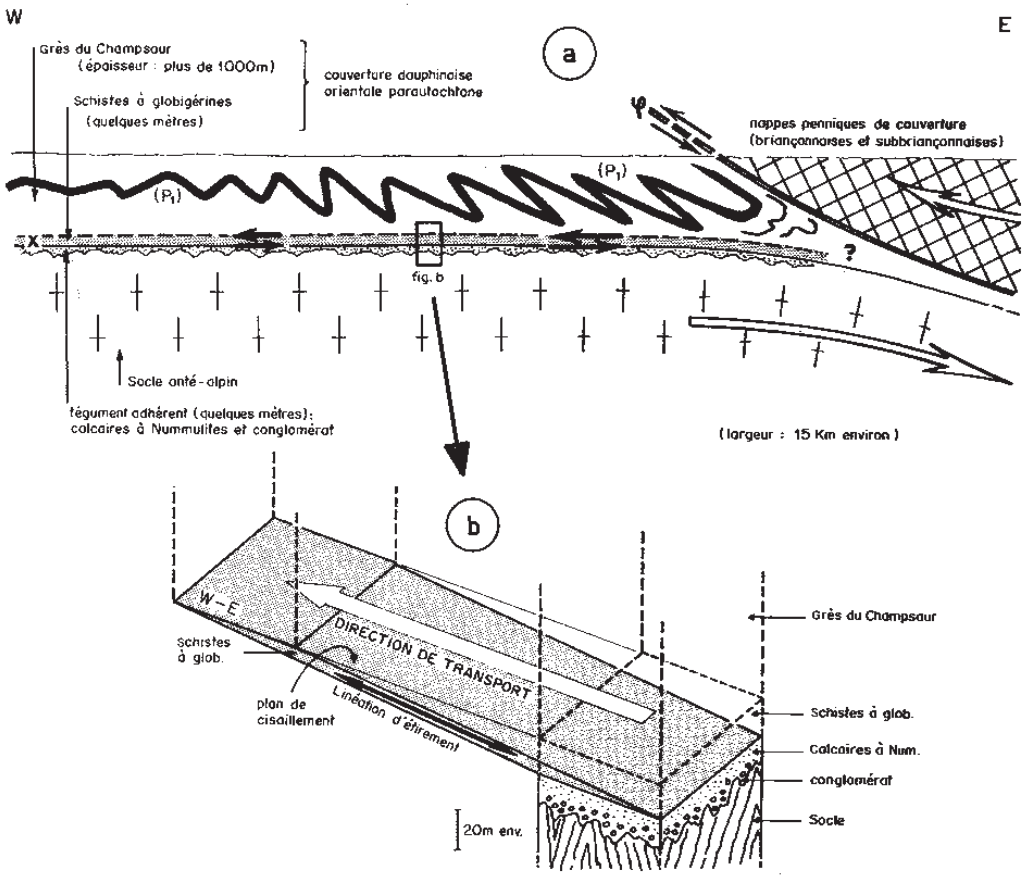
L'un des intérêts géologiques importants que l'on peut retirer de l'analyse des terrains du vallon du Fournel est celui des déformations affectant les terrains nummulitiques. Ces déformations se présentent sous la forme de trains de plis dissymétriques, orientés est-ouest, et organisés en une succession de flancs longs et courts. Cette organisation indique un déplacement vers l'ouest au moment du raccourcissement (voir figure 4.2.28 page suivante, croquis a).

Des linéations

Dans les marnes à globigérines sont visibles des linéations d'étirements de calcite noire, indiquant le sens du transport lors de la compression alpine. Le terme transport n'est d'ailleurs pas adapté pour décrire les mouvements à l'origine de ces déformations. En effet les terrains déformés sont en place (le nummulitique est considéré comme autochtone, donc en place) mais ont subit des déformations sous

l'effet d'un mouvement général est-ouest qui a étiré les roches sans les arracher à leur support sous-jacent. Ce type de déformation donne des plis caractéristiques qui permettent d'expliquer un transport avec raccourcissement (voir figure 4.2.28 croquis b).

FIGURE 4.2.28 – Les terrains déformés du Fournel (d'après Tricart 1980). Interprétation des déformations ayant affectées les terrains nummulitiques du Fournel.



Un contact anormal

Au niveau de la partie centrale du vallon du Fournel, on remarque un contact anormal entre les calcaires peu déformés et les schistes très déformés (voir fig 4.2.28). Il s'agit d'un niveau de décollement associé au *front pennique* : c'est un contact anormal majeur correspondant à la limite tectonique séparant le domaine Dauphinois des domaines Internes (Briançonnais au sens large et Piémontais). Dans la

partie la plus orientale du vallon, les grès du Champsaur sont surmontés par une écaille de terrains du sub-briançonnais et par les calcaires et dolomies du Trias moyen du Briançonnais. Ces unités, appartenant aux domaines internes sont donc en contact anormal avec les flyschs sous-jacents.

Le vallon du Fournel présente donc un ensemble d'indices qui témoignent d'une tectonique en compression. Ces indices sont principalement des plis, visible surtout dans les flyschs, des linéations dans les marnes à Globigérines ainsi qu'un contact anormal que l'on associe au front pennique.

A partir de ce cadre géologique général du vallon du Fournel nous pouvons maintenant envisager d'en reconstituer l'histoire géologique.

Histoire géologique du vallon du Fournel

L'histoire géologique du vallon du Fournel peut être articulée autour de deux événements majeurs : (a) Érosion des reliefs alpins ; (b) Chevauchements par les nappes internes.

Érosion des reliefs alpins et mise en place de la série priabonienne dans un bassin flexural

Nous focalisons notre attention sur l'épisode *alpin* de l'histoire du Fournel. Il commence, dans le cas du Fournel, par l'érosion quasi totale du Mésozoïque déposé sur le socle hercynien.

Transgression nummulitique

La surface du socle hercynien, gneissique et qui sert de surface de dépôt aux sédiments de la trilogie priabonienne, est surmontée de brèches et conglomérats peu développée, attestant d'une érosion continentale sans transport. Les éléments « rouillés » inclus dans les brèches permettent de confirmer cette érosion continentale. La très faible épaisseur de ce premier niveau a conduit les géologues à proposer une transgression très rapide (subsidence de l'ordre de 1 m/an). Or une telle vitesse de subsidence est trop élevée pour être uniquement d'origine thermique : elle est vraisemblablement d'origine tectonique. La sédimentation est détritique et témoigne de l'érosion de reliefs émergés : ce sont les reliefs alpins des zones internes qui émergent à l'Éocène supérieur.

Le passage des calcaires à nummulites à des marnes noires à fossiles pélagiques (Globigérines) laisse supposer un approfondissement progressif du bassin, correspondant au déplacement de la ligne de rivage vers l'ouest.

L'alternance des schistes et des grès de type flysch (« grès du Champsaur ») confirme une sédimentation détritique mise en place dans un contexte tectonique.

Les turbidites, décrites comme étant à l'origine de l'alternance grès/schistes traduisent en effet une mise en place lors de courants de turbidité déclenchés par la forte activité sismique liée au raccourcissement tectonique.

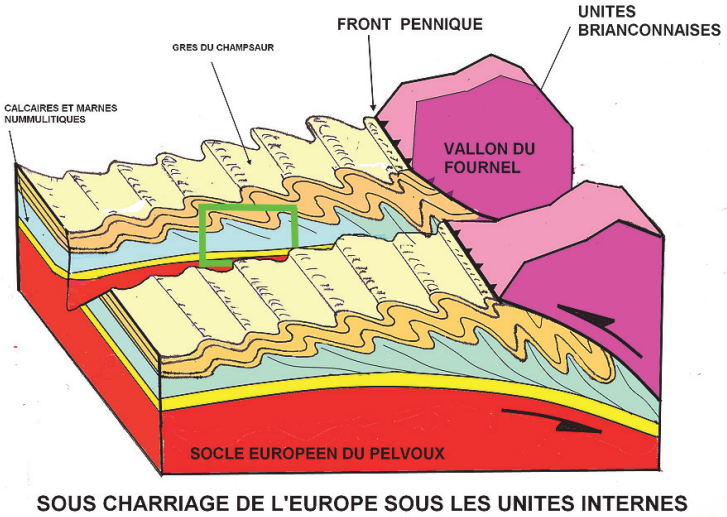
Bassin flexural

Le bassin sédimentaire dans lequel se sont faits les dépôts nummulitiques, résulte donc d'un enfoncement de la lithosphère dans l'asthénosphère sous le poids des écailles de la chaîne de collision qui créent une « surcharge ». Ainsi, la lithosphère ploie avec un grand rayon de courbure (flexuration) du fait de son élasticité. Il se crée un bassin d'avant-chaîne (ou bassin flexural), au fond duquel se déposent les sédiments détritiques provenant de l'érosion des alpes naissantes. La transgression nummulitique est directement lié à la formation de ce bassin d'avant-chaîne. Celui-ci, étroit et dissymétrique, sépare, durant sa courte existence, un avant-pays non encore déformé à l'ouest d'un relief montagneux plus interne à l'est, engendré par la collision.

Sous-charriage sous les nappes internes

A la limite Éocène-Oligocène les nappes internes sont charriées sur les grès du Champsaur (voir figure 4.2.29).

FIGURE 4.2.29 – Le sous-charriage des Grès du Champsaur sous le Front Pennique, dans le contexte du vallon du Fournel(d'après Lardeau, 1994)

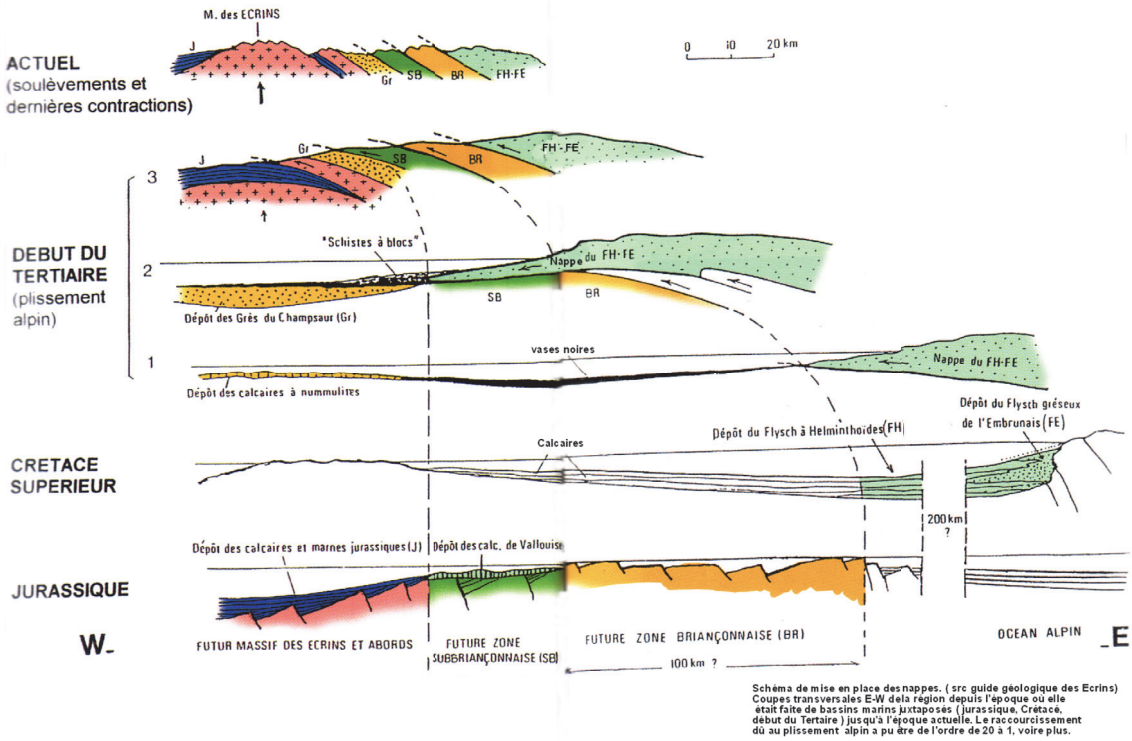


Le cadre vert localise la zone explorée lors de la sortie géologique « Fournel ».

Ces charriages sous-marins recouvrent les grès du Champsaur par des olistos-

tromes produits par l'avancée gravitaire des nappes internes de l'est vers l'ouest (voir figure 4.2.30). Cette mise en place est sous-marine. Mais elle finit par combler le bassin et stopper la sédimentation. Ces nappes et écailles charriées sous l'effet du raccourcissement lié à la collision contribuent à l'épaississement de la croûte continentale et à la création de reliefs supplémentaires dans cette région dauphinoise. La collision s'est ainsi déplacée du Piémont jusqu'à la région Dauphinoise.

FIGURE 4.2.30 – La mise en place des nappes internes au niveau de la bordure sud du massif du Pelvoux



Le détritisme qui alimente les dépôts de la série Priabonienne est donc fondamentalement syn-tectonique. La surrection des Alpes et leur érosion sont donc des événements contemporains.

En conclusion, nous pouvons dire que l'histoire géologique du vallon du Fournel s'articule autour de deux événements majeurs :

Érosion des reliefs alpins produisant la série priabonienne, en transgression sur le socle hercynien lui-même érodé (la couverture mésozoïque a disparu) et subsident. Il y a formation d'un bassin flexural qui se remplit des apports détritiques alpins.

Chevauchements par les nappes internes : Le bassin flexural est chevauché par

> les nappes briançonnaises et incorporé à la chaine alpine. La série nummilitique subit des déformations mais reste cependant adhérente au socle jusqu'au niveau des calcaires et ne se constitue donc pas en nappe de charriage. Elle pourrait de ce point de vue être considérée comme une nappe avortée [26].

Il nous faut maintenant nous préoccuper des modalités de mise en œuvre de la médiation qui va mobiliser une telle histoire géologique. Comment cette histoire géologique du vallon du Fournel, construite autour de deux événements majeurs peut-elle être envisagée dans le cadre d'une médiation sur le terrain ?

4.2.2.2 La mise en œuvre d'une médiation scientifique autour de l'histoire géologique du vallon du Fournel : synthèse de l'analyse a priori

Le cadre géologique général du vallon du Fournel ainsi que son histoire étant maintenant précisées, nous envisageons ici d'analyser les modalités de la mise en œuvre d'une médiation de terrain prenant en compte les différentes contraintes de la situation. Après avoir présenté les éléments clefs de l'histoire géologique du Fournel, nous serons ainsi amenés à reformuler nos questionnements dans ce cadre précis.

La construction d'un registre empirique partagé dans son cadre spatio-temporel

Les événements géologiques à l'origine du vallon du Fournel et qui peuvent être reconstitués sur le terrain composent un épisode de l'histoire des Alpes que l'on peut désigner par la mise en place d'un bassin flexural d'avant chaine, associé à une tectonique en compression. Les terrains rencontrés lors de la randonnée géologique permettent de prendre contact avec les indices de ces événements géologiques.

Activité phénoménologique et construction d'un registre empirique partagé

La géo-randonnée qui peut être mise en place dans le vallon du Fournel suppose de faire des arrêts sur des affleurements caractéristiques de sa géologie. Chaque arrêt étant ainsi l'occasion de procéder à une description des objets géologiques « visibles », c'est-à-dire accessibles à l'observation. Nous avons désigné par « activité phénoménologique » cette partie du travail à mener sur le terrain. Elle consiste principalement en une activité d'observation qui mobilise un cadre théorique propre à la géologie. Le contexte général de la tectonique des plaques tel qu'il est décrit

26. http://www.lithotheque.ac-aix-marseille.fr/Affleurements_PACA/05_fournel/05_fournel_synthese.htm. Consulté en déc 2018.

dans les Alpes sert donc de référence théorique pour reconstituer les phénomènes dont il est possible de retrouver les traces sur le terrain.

Nous avons fait le choix de considérer l'histoire géologique du vallon du Fournel autour de deux événements majeurs :

- ≻ L'érosion des reliefs alpins produisant la série priabonienne qui s'accumule dans un bassin flexural d'avant chaine : *Bassin flexural du Fournel*
- ≻ Le chevauchement de ce bassin flexural par les unités tectoniques internes (nappes briançonnaises et sub-briançonnaises) le long du front pennique : *Sous-charriage du Fournel sous les unités internes.*

La construction de ces événements, par confrontation du modèle de fléxuration d'avant chaine avec les données de terrain nécessite une activité descriptive des terrains. Plusieurs indices importants semblent pouvoir être mobilisés dans ce cas :

(a) Le calcaire à nummulites constitue un indicateur de *sédimentation peu profonde* qui se produit directement sur le socle hercynien érodé

(b) Les schistes à Globigérines permettent de mettre en évidence un *approfondissement* de ce bassin

(c) Les déformations des nummulites permettent de conclure à des *mouvements tectoniques* ayant affecté les terrains pendant leur mise en place

(d) Les linéations dans les schistes amènent à préciser le *sens de ces mouvements tectoniques*

La description de ces terrains se fait donc à chaque arrêt dans le contexte d'un problème en cours de construction. Les problèmes géologiques associés à chacun des arrêts sont en premier lieu de nature fonctionnaliste : il s'agit à chaque arrêt de construire un registre empirique partagé et le confronter à un registre théorique défini. L'existence d'un indice se construit comme concept en premier lieu par l'intermédiaire du « processus » qui lui a donnée naissance, ce qui correspond à ce que nous avons défini comme une approche fonctionnaliste. Nous présentons dans la figure 4.2.31 page suivante l'espace de contraintes et nécessités qui peut être mis en place dans le cadre du problème de la formation du calcaire à Nummulites du Fournel. Un tel schéma organise les éléments nécessaires à la construction d'un registre empirique partagé : dès lors que le problème de la formation de ce calcaire à Nummulites est posé, un registre empirique « riche d'indices » est alors exploitable pour procéder à une enquête qui consiste à reconstituer l'histoire géologique ayant laissé de telles traces dans la nature.

De même que le problème (fonctionnaliste) de la formation du calcaire à nummulites conduit à la mise en place d'un registre empirique partagé spécifique, il est possible de construire un problème (fonctionnaliste également) de la déformation des nummulites présentes dans ce calcaire, ou bien un autre encore en se focalisant sur la présence de tels animaux marins à l'affleurement dans un environnement de montagne (voir figure 4.2.32 page 301).

FIGURE 4.2.31 – Espace de contraintes et nécessités dans le cadre du problème de « la formation du calcaire à Nummulites du vallon du Fournel »

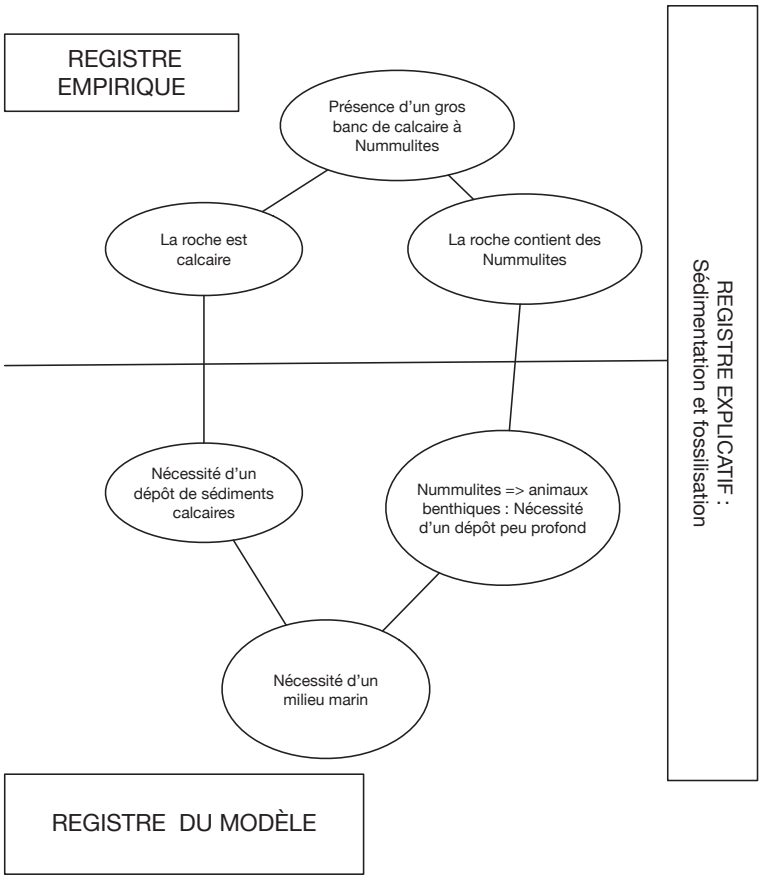
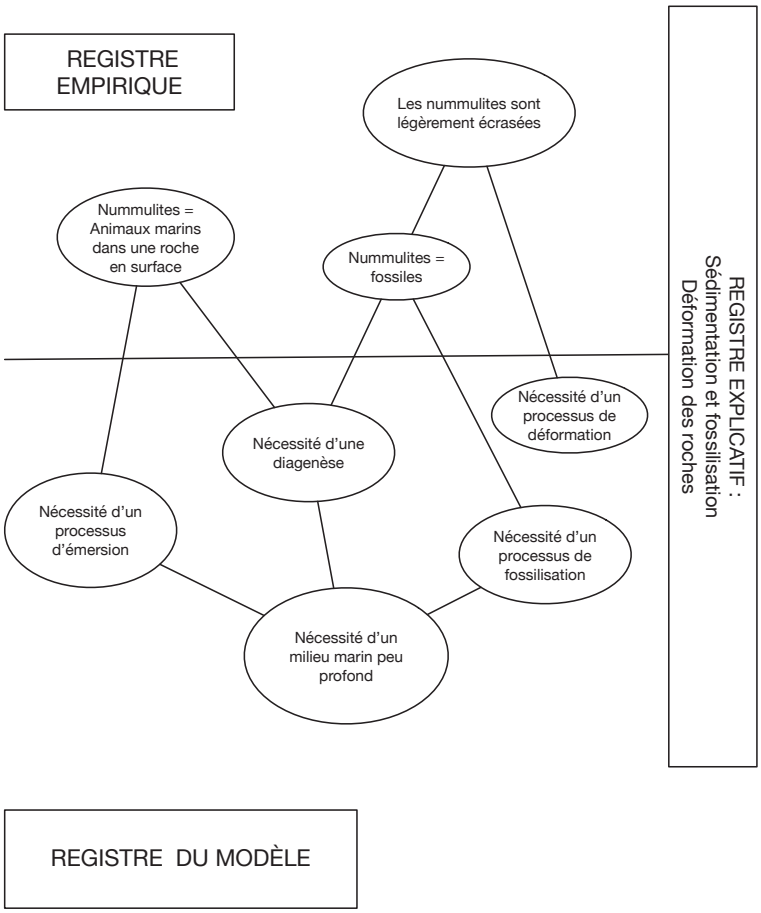
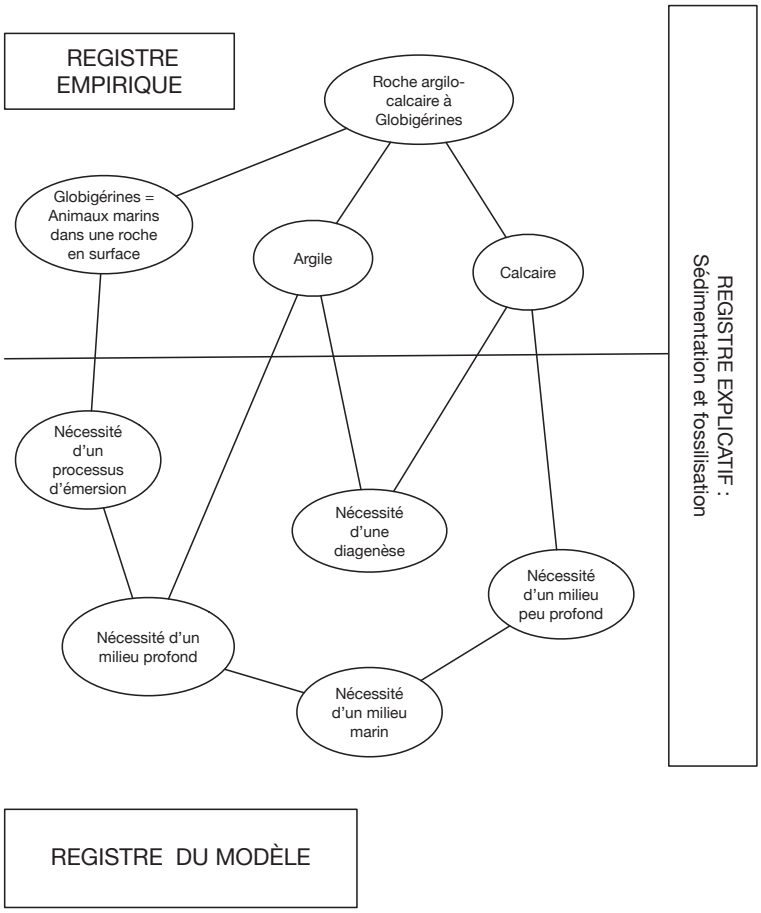


FIGURE 4.2.32 – Espace de contraintes et nécessité dans le cadre du problème de la déformation des nummulites et de leur présence dans une roche en altitude



La construction du problème fonctionnaliste de la formation des schistes à Globigérines est présenté par son espace de contraintes et nécessités dans le schéma 4.2.33.

FIGURE 4.2.33 – Espace de contraintes et nécessités dans le cadre du problème de la formation des schistes à Globigérines du vallon du Fournel



De telles représentations schématiques des espaces de contraintes et nécessités dans le cadre de la construction des problèmes fonctionnalistes associés à l'histoire géologique du vallon du Fournel permettent de poser les nécessités fonctionnalistes qui s'imposent à l'existence de chaque objets géologiques. Mais au-delà de cette construction fonctionnaliste des indices de terrain, une *organisation spatio-temporelle* des objets géologiques s'impose. En effet, vis-à-vis de l'enquêteur de terrain, ces indices ne sont pas seulement les témoins, en quelques sorte, de leur propre existence : ils témoignent également des *conditions qui ont fait que les événements ultérieurs ont été possible*s. C'est ce que nous avons déjà désigné par des « *conditions de possibilité des événements* ». Cela oblige donc l'enquêteur de terrain à placer ces indices géologiques construits à chaque arrêt dans une perspec-

tive temporelle qui impose que chaque objet géologique s'organisent dans un ordre temporel précis. Et il ne s'agit pas ici de s'en tenir seulement à une « temporalité des phénomènes », qui inclurait simplement la variable temps à la description du processus géologique. Il faut davantage imposer le temps dans sa dimension de chronologie dirigée : les phénomènes se succèdent dans un ordre précis le long des temps linéaires. Ainsi, en insérant des phénomènes dans ce que nous avons désigné par une « historialité », l'enquêteur construit des événements, que l'on peut considérer comme s'étant produit dans un « *hic et nunc* » du passé géologique du vallon du Fournel. Ce travail d'enquête suppose donc une réelle prise en charge des temps géologiques. Ce que nous envisageons maintenant.

La prise en charge des temps géologiques

Les terrains géologiques dans le vallon du Fournel présentent l'intérêt de s'organiser de façon relativement simple : une fois décryptés, les unités géologiques peuvent être comprises comme *superposées* les unes aux autres. Ce sont en effet en majeure partie des terrains sédimentaires, dont les dépôts par gravité conduisent à une superposition des couches de roches. De plus, les phénomènes tectoniques qui ont affecté ces terrains conduisent également à leur *superposition*[27]. La reconstitution de l'histoire géologique du vallon du Fournel repose donc sur la capacité du médiateur à construire une organisation *spatiale* des terrains, renvoyant indirectement à une organisation *temporelle* des événements ayant donné naissance aux objets géologiques de terrain. Nous avons en effet dit le lien direct qu'il existe entre l'organisation spatiale des terrains et leur organisation temporelle. De ce point de vue la mise en récit est susceptible de jouer un rôle important dès lors que le temps s'impose aux reconstitutions. De tels empilements de terrains renvoient effectivement à une construction de l'histoire géologique par « *accumulation* », au sens où les objets géologiques en formation s'insèrent dans une histoire en s'ajoutant aux objets déjà présents. Une telle conception « *directionnaliste* » de l'histoire géologique, associée aux modèles explicatifs des phénomènes géologiques en jeu, conduit selon nous à des formes de reconstitutions « *emboitées* » dans l'espace et dans le temps.

Pour résumer, la mobilisation des temps linéaires dans les explications du médiateur est susceptible de prendre deux formes différentes :

- le *temps comme variable* influençant le déroulement d'un phénomène géologique. Il y a dans ce cas insertion du temps dans le phénomène géologique. Le phénomène géologique, pris comme générique, est utilisé comme un registre

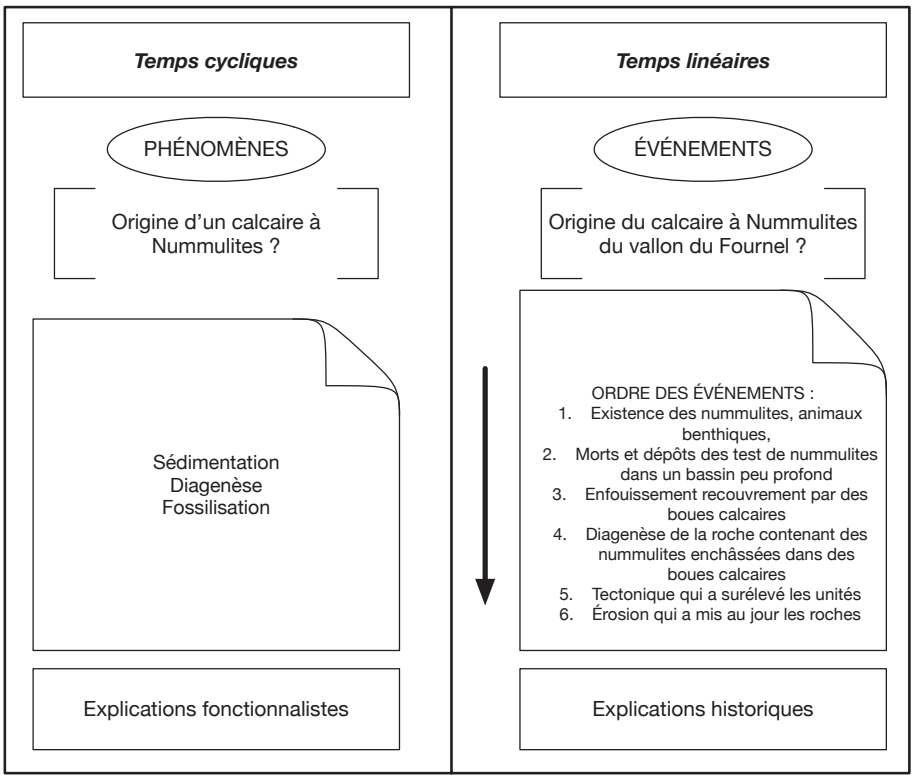
27. Le principe de superposition est un principe fort de la stratigraphie. Les phénomènes de superpositions tectoniques, même s'ils ne peuvent être mis en œuvre de la même façon que ceux de la stratigraphie, permettent parfois des reconstitutions mettant en jeu le principe d'antériorité : la superposition tectonique d'unités géologiques suppose *nécessairement* leur existence antérieure.

explicatif dans lequel la causalité est imprégnée de temporalité (avec les obstacles que cela peut représenter de confondre les causes géologiques avec les temps géologiques).

- le *temps linéaire émergent*, considéré non pas comme une variable mais plutôt comme une contrainte qui s'impose à une ontologie des objets géologiques. Il ne s'agit pas en effet de dire ce qui est possible en terme de phénomènes, mais ce qui est probable en terme d'événements. Cela conduit à un positionnement des événements dans le temps selon un ordre précis, qui constitue une « historialité » des événements.

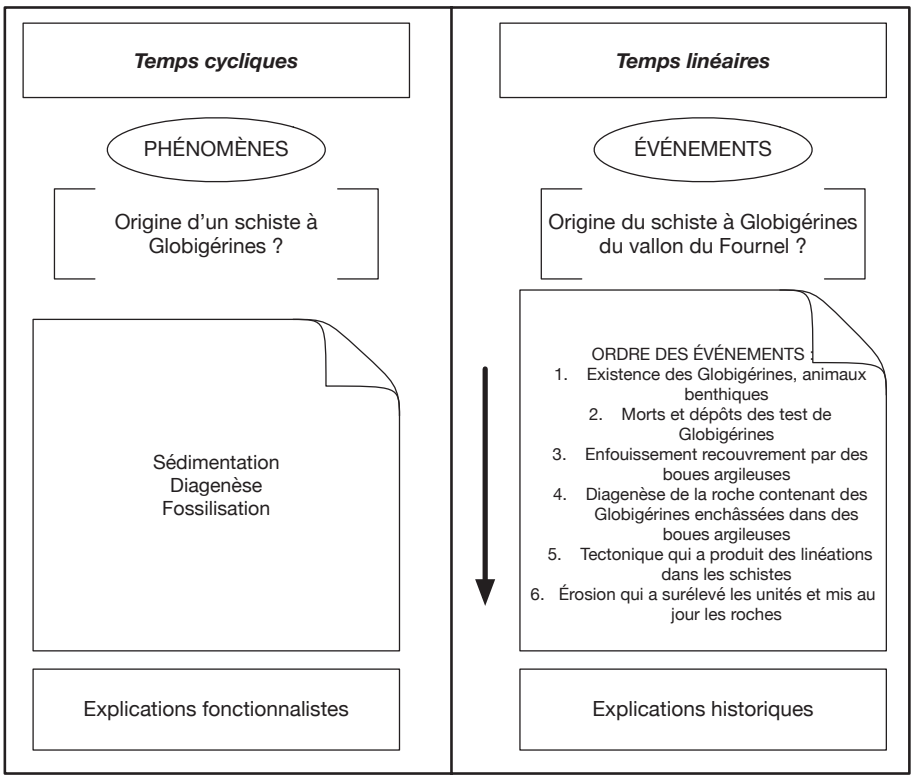
La construction de l'histoire géologique du vallon du Fournel suppose donc que soient articulées ces deux formes de temporalité. Nous pouvons les présenter sous la forme d'un schéma qui montre les deux façons de construire les explications, selon que l'on prenne le temps des phénomènes ou celui des événements (voir les figures 4.2.34 et 4.2.35 page ci-contre).

FIGURE 4.2.34 – Les deux formes de temps mises en œuvre dans le cadre de l'explication de la formation du calcaire à Nummulites du vallon du Fournel



Ainsi, les enjeux qui sont à relever afin de structurer la médiation de la géologie

FIGURE 4.2.35 – Les deux formes de temps mises en œuvre dans le cadre de l'explication de la formation du schiste à Globigérines du vallon du Fournel



de terrain dans le cas de la géologie du vallon du Fournel sont de trois types.

Tout d'abord, il s'agit de conduire une activité phénoménologique, qui permet, en mobilisant un fonctionnalisme raisonné, de mettre en place (de construire) les objets géologiques qui constitueront des indices de l'histoire géologique des lieux. C'est par cet intermédiaire que se construira ce que nous avons désigné par un « *registre empirique partagé* », et qui correspond selon nous au cœur de la démarche d'enquête de terrain. Par mise en place des problèmes fonctionnalistes, les phénomènes géologiques prennent sens.

Il s'agit donc également de procéder à une insertion des phénomènes géologiques dans la temporalité afin de à produire des événements singuliers, et non pas simplement des explications mécanistes possibles. Le travail du médiateur dans ce cas consiste donc en une maitrise des temps : il doit articuler temps cycliques des phénomènes et temps linéaires des événements.

Enfin, la construction finale à laquelle devrait aboutir un telle reconstitution historique, prend la forme d'une explication historico-fonctionnaliste : c'est-à-dire une succession d'événements uniques, construits à partir d'une phénoménologie insérée dans une temporalité qui confère à la structure d'ensemble une historialité.

Une telle historialité procure à l'histoire sa structure mais nous avons vu en cadre théorique la nécessité d'aller plus loin dans la construction historique, en mobilisant une causalité évoluée, fondée non pas seulement sur des nécessités fonctionnalistes, mais également sur des nécessités historiques.

La mise en œuvre de la causalité narrative

La mise en œuvre des nécessités historiques constitue selon nous un point fondamental qui justifie le recours au récit dans les situations de médiation de terrain. Dans le cas du vallon du Fournel, la mise en récit suppose de construire les liens de nécessité qui existent entre les divers événements ayant affecté la région.

Explications historiques et narrations

La mise en œuvre des explications qui construisent une histoire géologique suppose comme nous l'avons dit que les objets engagés dans cette histoire soient construits dans le cadre d'une phénoménologie menée sur chacun des affleurements. Comme nous l'avons évoqué pour la situation « Dibona », l'approche phénoménologique conduit à la mise en œuvre d'un fonctionnalisme : construire l'objet géologique revient à construire le processus qui lui a donné naissance. Ainsi, dans le cas du vallon du Fournel, chaque affleurement peut être l'objet d'une construction d'un processus géologique. Pour le dire plus simplement, chaque affleurement est l'occasion de mobiliser un cadre phénoménologique (voir tableau) :

Affleurement	Phénoménologie associée
Gneiss du fond de vallée	Métamorphisme Érosion du socle hercynien
Calcaire à nummulites un peu écrasées	Sédimentation en bassin peu profond Tectonique en compression
Schiste à globigérines avec linéations	Sédimentation en bassin profond Tectonique avec déplacement
Grès et Flysch avec trains de plis	Sédimentation syn-tectonique

Mais nous avons dit l'importance de construire l'histoire géologique, non pas uniquement sur un fonctionnalisme phénoménologique (= description d'un processus géologique à l'origine des objets géologiques de terrain), mais surtout sur une recherche des nécessités historiques. Ce que nous désignons par « *explication historique* » correspond en fait à une explication « *historico-fonctionnaliste* » au sens où ce ne sont pas seulement des nécessités fonctionnalistes qui viennent étayer la mise en tension entre registre empirique et registre théorique, mais ces nécessités fonctionnalistes restent néanmoins fondamentales à la construction des événements.

Nous rappelons que les événements se construisent autour d'une double problématisation : une problématisation fonctionnaliste qui se met en place dans une phénoménologie (construction de l'objet géologique) et une problématisation historique que repose sur une rétrodiction (recherche des antériorités comme nécessités historiques).

En conclusion de ce paragraphe, nous présentons, au travers d'un schéma synoptique l'ensemble des nécessités (que nous qualifions dès lors d'« *historico-fonctionnalistes* ») qui permettent de dresser une histoire cohérente de la géologie du vallon du Fournel. Une telle histoire ne correspond pas en tant que telle à l'histoire du vallon du Fournel. Elle n'est qu'*une* histoire parmi celles qui peuvent être construites à partir des indices de terrain interprétés dans un cadre théorique prédéfini (voir figure 4.2.36 page suivante).

Causalité narrative

De même que ce que nous avons proposé pour l'histoire géologique de la Dibona, nous sommes amenés ici à déconstruire un fonctionnalisme qui a tendance à monopoliser les explications scientifiques et injecter dans ces explications une forme de causalité que l'on a désignée par « *causalité narrative* ». Ces sont en fait les nécessités historiques, qui sont fondées sur le principe d'antériorité, qui, s'articulant au fonctionnalisme, donnent sa structure à l'histoire géologique. Ainsi, les constructions fonctionnalistes que nous avons proposées au début de cette partie sont amenées à évoluer maintenant vers de nouvelles formes, telles que nous les présentons dans les figures 4.2.37 page 309 et 4.2.38 page 310.

FIGURE 4.2.36 – Schéma synoptique de l'histoire géologique du vallon du Fournel

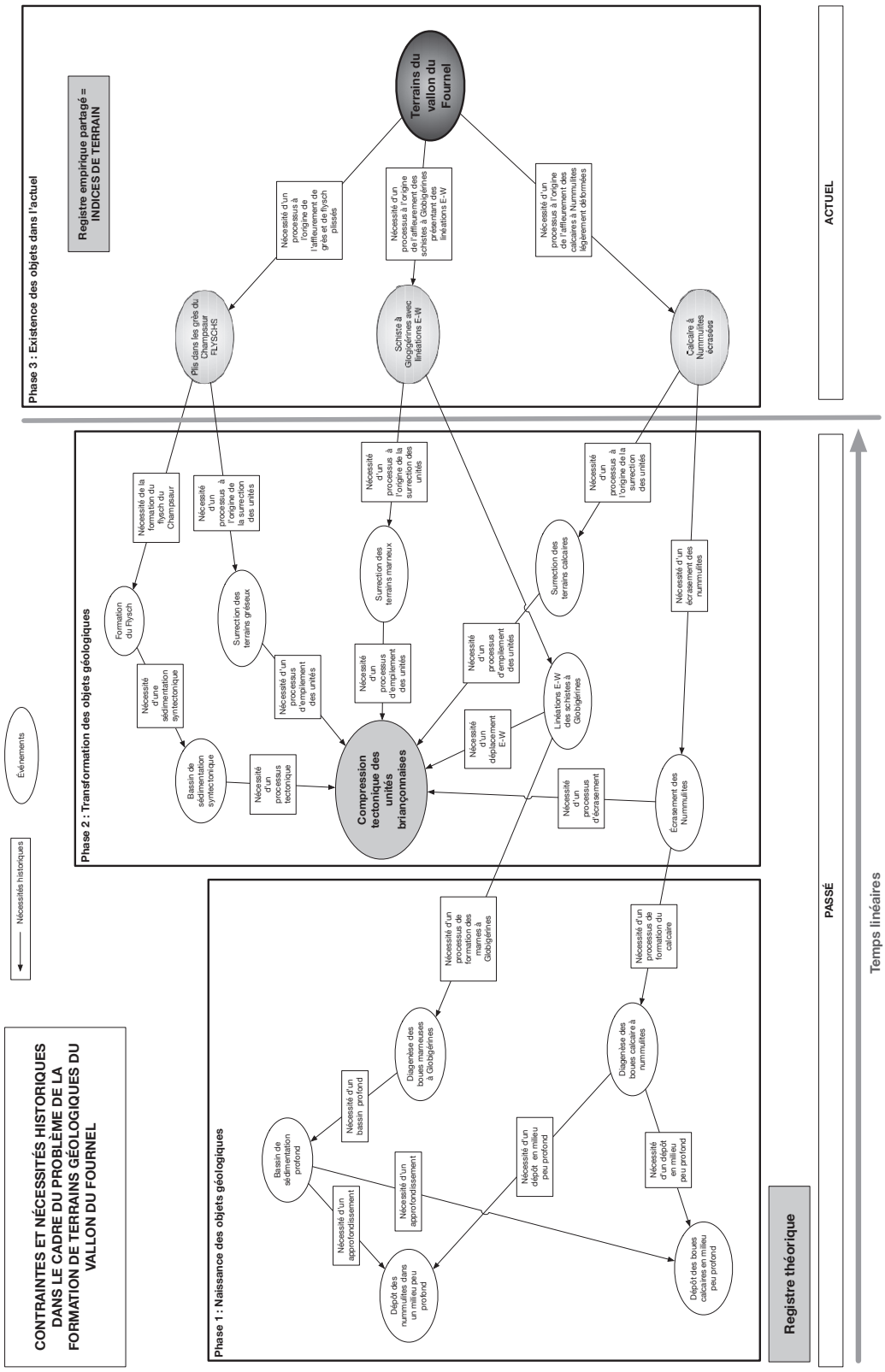


FIGURE 4.2.37 – Deux événements associés à la formation du calcaire à nummulites du vallon du Fournel

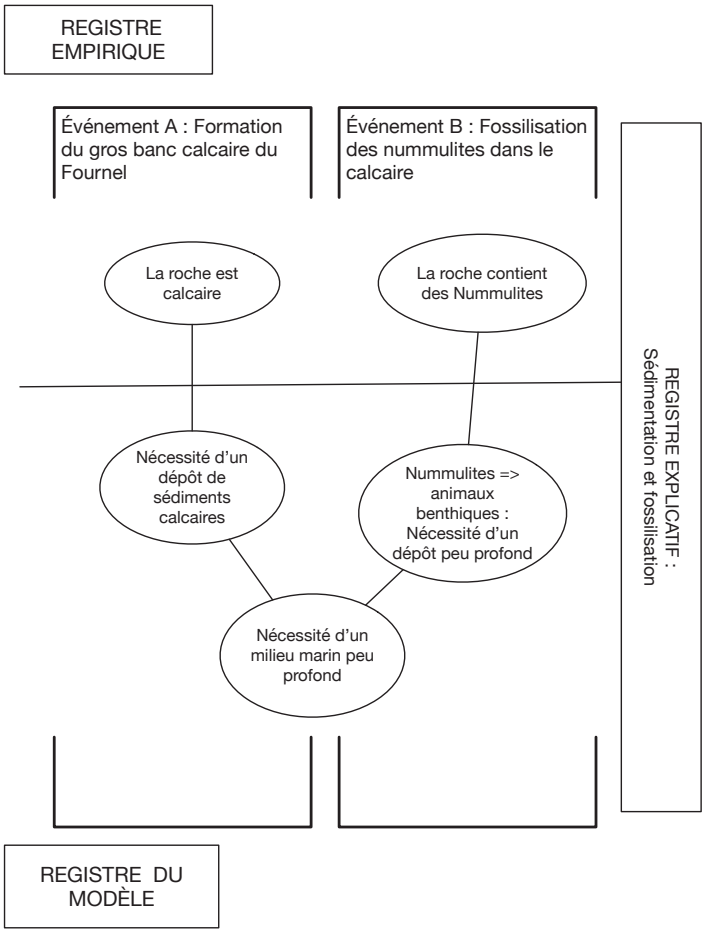
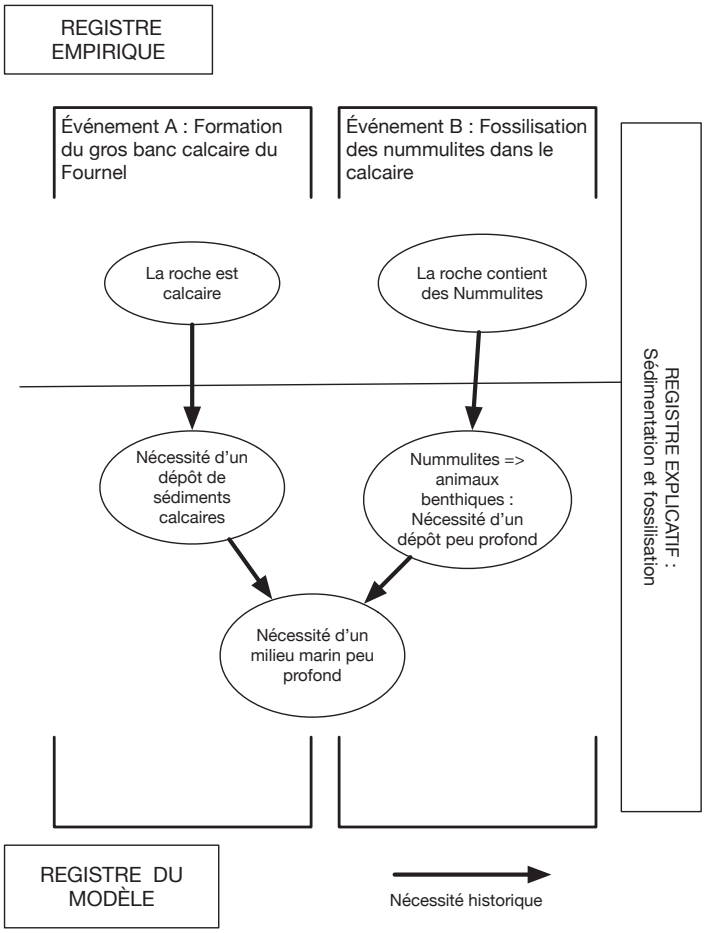


FIGURE 4.2.38 – Nécessités historiques de deux événements associés à la formation du calcaire à nummulites du vallon du Fournel



Ces deux figures montrent les nuances qu'il existe entre des événements présentés dans leur dimension fonctionnaliste — tout événement se rattache à un phénomène — (voir figure 4.2.37 page 309) et des événements présentés dans leur dimension historique (voir figure 4.2.38 page précédente). Nous convenons qu'il s'agit là d'une évidence, mais contre laquelle il nous parait important de se prémunir. S'il parait facile de concevoir que la présence du calcaire à nummulites dans le paysage du Fournel rend nécessaire sa formation antérieure dans une paléogéographie du Fournel, l'ensemble des événements géologiques qui ont conduit à la totalité des terrains du Fournel ne sont pas aisés à organiser dans le temps. C'est bien le long d'un travail de terrain que ces événements peuvent être reconstitués, et les ordonner dans une temporalité n'a rien de trivial.

Ainsi, la causalité narrative consiste donc ici en une reconstitution de l'ensemble des causalités fonctionnalistes configurées entre elles mais également organisées selon un principe d'antériorité. Ce principe d'antériorité pose ainsi des nécessités historiques. Chaque événement reconstitué est ainsi fonctionnellement nécessaire et historiquement nécessaire.

La causalité narrative conduit donc à ne pas s'en tenir seulement à un fonctionnalisme qui donnerait des allures de scientificité au discours, sans en avoir la rationalité.

L'exploration des mondes géologiques possibles grâce à la fiction

Comme nous avons pu l'évoquer pour la situation Dibona, l'exploration des possibles peut être prise en charge par la fiction au travers de quatre procédés que nous avons déjà détaillés. Nous les reprenons ici en imaginant leur mise en œuvre dans le cas de la reconstitution de l'histoire géologique du vallon du Fournel.

Rappelons d'abord brièvement les quatre procédés de fictionnalisation que nous avons évoqués plus haut. Nous les présentons dans un tableau dans lequel nous associons ces procédés de fictionnalisation avec des exemples de thématiques géologiques qui peuvent être abordés dans la situation « Fournel » (voir tableau 4.2 page suivante).

Nous montrons ici que la fiction est susceptible de s'insérer de façon assez systématique dans les récits en construction, dans un objectif de construire / se représenter le virtuel. Parmi ces virtualités, nous l'avons déjà évoqué, les temps longs représentent un obstacle important à franchir. Nous avons parlé de l'intérêt du recours à la fiction dans l'objectif de construire les temps longs dans le récit en les considérant comme « contre-factuels ». Dans le cas du Fournel, la compression des temps doit également pouvoir se faire, en prenant garde de ne pas créer un effet de continuité des événements (nous renvoyons sur ce point à notre réflexion dans le paragraphe 4.2.1.3 page 275).

Ce qui relève des mondes possibles dans l'histoire géologique du vallon du Fournel

TABLE 4.2 – Exploration des possibles grâce à la fiction dans le cadre de la reconstitution de l'histoire géologique du vallon du Fournel

Cibles des procédés de fictionnalisation	Gain cognitif	Économie représentationnelle	Manipulation du virtuel	Construction du virtuel par combinaisons de mimèmes
Exemple de mise en œuvre possible dans la situation « Fournel »	Créer du nouveau par l'imaginaire à partir du non-trivial : imaginer l'existence passée des fossiles (nummulites et globigérines)	Sélection d'un nombre limité de contraintes dans une modélisation analogique « imaginée » : par exemple pour « penser » la déformation des roches	Utilisation des « mains » pour faire fonctionner une modélisation analogique : les déplacements de terrains peuvent être manipulés et ils sont nécessairement virtuels vu leur taille	Reconstitution de l'histoire géologique du Fournel par mise en configuration de l'ensemble des mimèmes associés à chaque événement

peut donc être appréhendé par le recours à la fiction qui procure un certain nombre de procédés qui permette de « faire fonctionner le virtuel ». En ce sens, ces virtualités manipulées ne sont autres que les événements de l'histoire géologique qu'il s'agit d'ordonner dans les temps linéaires.

Conclusion : relance de la problématique dans le contexte « Fournel »

Nous en arrivons ici au point où nos questionnements doivent se préciser, en tenant compte de la spécificité de l'histoire géologique du Fournel. Nous avons choisi pour cela d'articuler ces questionnements que nous avons déjà posés de façon plus générale, autour de trois axes (nous reprenons la même architecture que pour la situation « Dibona ») : (a) Construction d'un registre empirique partagé ; (b) Mise en œuvre d'une causalité évoluée ; (c) Exploration des mondes géologiques possibles.

Construction d'un registre empirique partagé : Nos questionnements se posent ici en termes de structuration de la médiation sur le terrain. Il s'agit ici de reformuler notre problématique au regard de ce que l'analyse de la géologie du vallon du Fournel nous a montré de sa spécificité. Trois niveaux de questionnements sont à nouveau utilisés ici : Activité phénoménologique — Prise en charge des temps géologiques — Construction

de l'explication historique.

- ≻ L'activité phénoménologique que suppose la description de chacun des affleurements, nous l'avons dit, doit engager une problématisation des objets en tant qu'« objets géologiques » issus d'un phénomène géologique, mais également en tant *qu'indice* d'une histoire qui s'est déroulée dans un cadre spatio-temporel précis, qui ne peut être modélisé. Comment dès lors le médiateur met-il en œuvre cette phénoménologie afin de construire les objets géologiques « calcaire à nummulites » et « schiste à globigérines » (les deux terrains les plus importants dans notre situation, et pris ici comme exemple) ? Dans quelle mesure la mise en récit porte-t-elle cette phénoménologie au travers d'une problématisation ? Comment, à partir d'une telle phénoménologie, le médiateur engage-t-il ces phénomènes géologiques dans une temporalité qui les pose comme événements au sein d'une histoire en construction ? Met-il en œuvre une recherche de nécessités historiques ?
- ≻ Comment le médiateur prend-il en charge les temps géologiques de l'histoire du Fournel ? Comment articule-t-il les formes de temps, entre les temps cycliques des phénomènes (sédimentation des calcaires et des marnes, déformation tectoniques, empilement et écaillage, ...) et les temps linéaires qui se mettent en place au sein d'une succession organisée d'événements géologiques ? Mais surtout, par quel moyen le médiateur parvient-il à s'écarter du fonctionnalisme dans lequel les modèles géologiques tendent à l'enfermer ? De ce point de vue, comment fait-il pour mobiliser des nécessités qui relèvent de l'histoire et non pas d'un mécanisme issu d'un modèle qu'il suffirait de faire « fonctionner » ?
- ≻ Enfin, la reconstitution de l'histoire géologique du Fournel suppose de mettre en œuvre des explications historiques qui prennent la forme de *narrations*. En quoi ces narrations répondent-elles aux contraintes de la mise en récit de l'histoire géologique que nous avons définies : *phénoménologie — intra-temporalité — historialité* ? Comment le médiateur passe-t-il par exemple du modèle de sédimentation des boues calcaires contenant des fossiles (prise en compte du phénomène de dissolution vs précipitation des carbonates dans l'eau) à un événement clairement positionné dans l'espace et dans le temps ?

Mise en œuvre d'une causalité évoluée : Si le médiateur met en place une historialité géologique, celle-ci se construit-elle sur la seule insertion des phénomènes dans le temps et l'espace, ou bien le médiateur va-t-il plus loin en engageant véritablement une recherche des nécessités histo-

riques ? Dans le cas de la géologie du Fournel, il s'agit pour nous de vérifier si le médiateur organise les événements associés à chacun des affleurements autour de *nécessités historiques* ou s'il s'en tient seulement à « une mise en fonctionnement » d'un modèle explicatif qu'il appose à la situation ? C'est à cette condition qu'il pourra produire une histoire géologique rationnelle et pas seulement fondée sur un registre explicatif fonctionnaliste qui ne donne que partiellement accès aux éléments de l'histoire.

Exploration des mondes géologiques possibles : Notre dernier questionnement se fait ici sur l'exploration des possibles grâce à la fiction. Nous souhaitons en effet vérifier si le médiateur fait un usage de la fiction et s'il l'utilise véritablement comme un outil de médiation et non pas seulement comme un mode « par défaut » d'accès à l'imaginaire. Comment, dans le cas de la géologie du Fournel, le médiateur procède-t-il pour mobiliser les virtualités associées aux différents phénomènes géologiques : la sédimentation des calcaire et des marnes, la fossilisation des Nummulites et des Globigérines, les déformations dans les alternances de grès dans le flysch... ? Avant même de construire l'histoire géologique du Fournel, il convient de produire des indices. L'activité phénoménologique dépend donc de cette capacité du médiateur à envisager des possibles en mobilisant les virtualités. Comment manipule-t-il ces virtualités ? S'il est amené à faire des analogies avec le quotidien, comment le transforme-t-il pour qu'il reste accessible à l'imagination ?

Nous concluons donc cette section sur ces nombreux questionnements qui sont maintenant précisés et contextualisés. Les situations de médiation géologique de terrain étant posées dans leur cadre théorique, il nous reste dès lors à présenter le cadre méthodologique que nous nous sommes fixé pour les analyser.

Chapitre 5

MÉTHODOLOGIE D'ÉTUDE

Nous avons choisi de construire nos recherches sur une double étude de cas, dans une approche presque exclusivement qualitative. La méthodologie suivie repose donc principalement sur l'analyse du discours de deux médiateurs différents, chacun dans une situation caractéristique de médiation géologique « *sur le terrain* ». Nous avons procédé pour cela à des enregistrements du discours de ces médiateurs, que nous avons retranscrits et qui constituent notre corpus (voir les détails de la constitution du corpus en page xxiii) .

Ce cadre théorique nous a permis de mettre en place un certains nombre de critères d'analyse, déclinés chacun en plusieurs indicateurs. L'ensemble de ces documents est placé en annexe **??** page ??.

Nous présentons ici, dans un premier temps ces divers critères, la façon dont ils ont été produits et comment nous avons construit les différents indicateurs d'analyse du discours.

Dans un second temps, nous présentons comment nous avons procédé à la production de nos données et enfin comment nous les avons traitées pour produire des résultats exploitables.

5.1 CRITÈRES ET INDICATEURS D'ANALYSE DU DISCOURS

A partir du cadre théorique et des analyses a priori que nous avons constituées, nous avons pu mettre en place un certain nombre de critères d'analyse permettant de repérer, dans le discours des médiateurs, des éléments caractérisant les formes de mise en récit. Ces critères sont déclinés en divers indicateurs très précisément définis pour repérer les éléments clés du discours. Nous montrons ici comment nous avons dressé la liste de ces critères et comment, pour chacun d'entre eux nous avons précisé les indicateurs associés.

Notre méthode consiste en une constitution d'indicateurs permettant de repérer des éléments pertinents du discours des médiateurs pouvant conduire à une analyse qualitative poussée. Ce travail s'organise en deux temps :

1. *Analyse systématique* par mise en œuvre d'un ensemble d'indicateurs. Cette partie du travail se fait par l'intermédiaire d'un logiciel d'aide à l'analyse des données qualitatives. Cette première étape consiste donc en un travail *d'organisation* des éléments du discours, en prenant appui sur des indicateurs rigoureusement sélectionnés et destinés à repérer les éléments caractéristiques du discours. Cette étape produit des *extraits codifiés* sur lesquels nous nous appuierons ensuite pour une analyse ciblée.
2. *Analyse ciblée*, construite selon les thématiques pré-définies en cadre théorique et qui porte sur les extraits sélectionnés en première étape. Cette deuxième étape permet de pousser plus loin l'analyse. Elle s'appuie sur l'étape précédente — utilisation du logiciel Transana — mais met en œuvre une analyse réflexive que ne permet pas ce logiciel.

5.1.1 Le logiciel d'analyse de données qualitatives : TRANSANA

Nous avons eu recours, pour analyser le discours des médiateurs de terrain, à un logiciel d'analyse de données qualitatives nommé TRANSANA [1]. Ce logiciel permet de constituer un corpus de données audio/videos et de l'organiser hiérarchiquement.

Grâce à Transana, nous avons pu retranscrire le discours des médiateurs à partir des videos enregistrées sur le terrain. Ces videos ont été transcrites avec ce même logiciel, puis découpées en *unités narratives* à l'aide de *mots-clés*. Chaque mot-clé permet de catégoriser une portion de vidéo et de construire ainsi un *épisode* (section video de grande taille : considérée comme une unité structurale du discours) ou un *extrait* (section video de petite taille, unité d'analyse du discours). À chaque unité narrative peut être associée un ou plusieurs *mots clés*. Ces mots-clés (désignés ainsi par le logiciel) correspondent à ce que nous avons nommé « *indicateurs* » (ceux-ci étant classés dans des catégories — voir 5.1.1 page ci-contre —). Il est ensuite possible de faire fonctionner des opérateurs booléens sur ces extraits/mots clés. Nous obtenons ainsi un ensemble de « *collections* » qui correspondent à des ensembles d'extraits catégorisés. Ce sont ces collections que nous serons amenés à analyser dans un second temps.

Le logiciel Transana nous permet donc de :

- ≻ retranscrire le discours des médiateurs à partir des vidéos
- ≻ découper ces videos pour les organiser en unités narratives

1. https://www.transana.com

FIGURE 5.1.1 – L'interface du logiciel Transana (aperçu général)

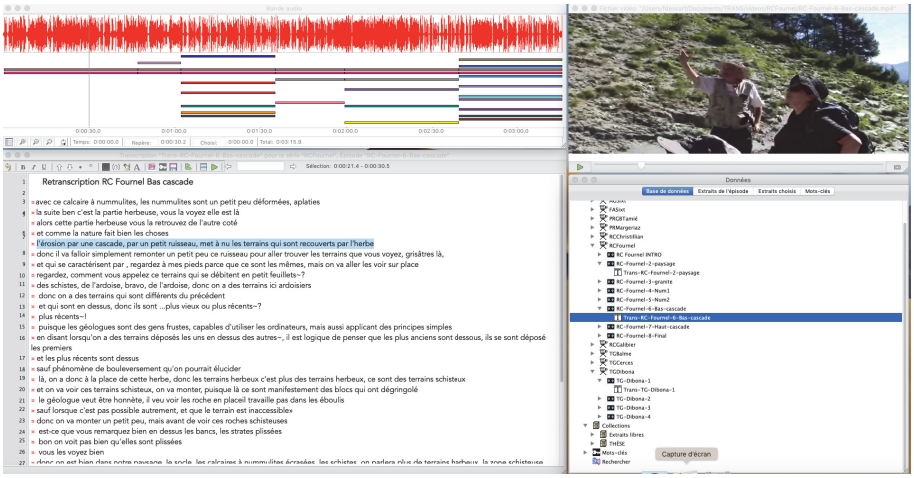
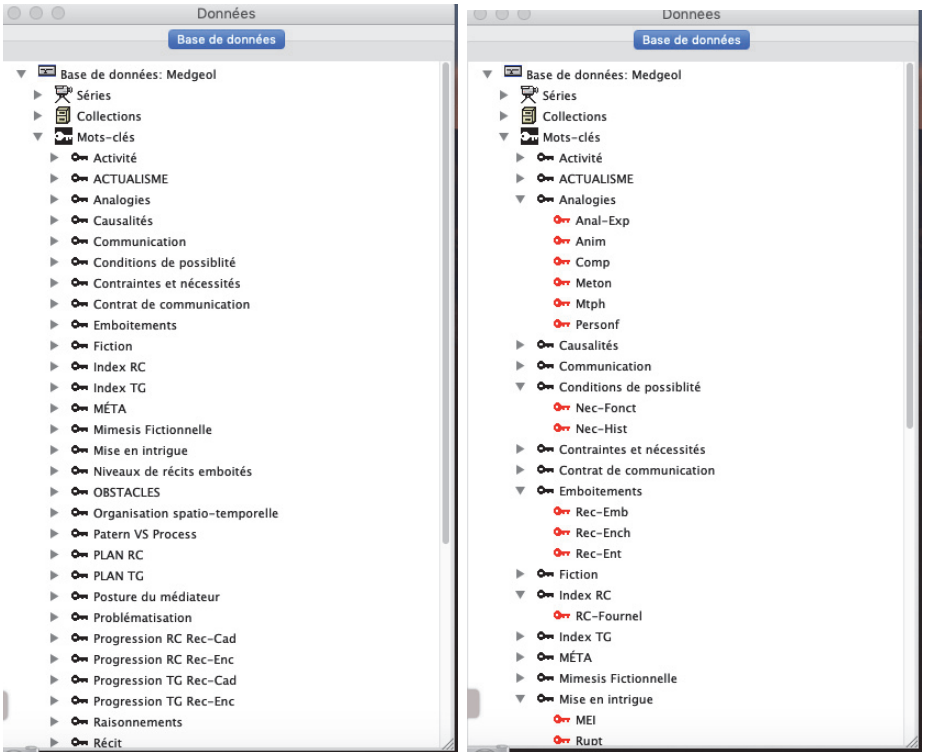


FIGURE 5.1.2 – Aperçu de l'interface « Base de données » de Transana



(a) Les catégories de mots-clés (b) Les mots-clés de l'interface de Transana

- ≻ affecter des mot-clés à ces unités narratives
- ≻ affecter des mot-clés à des extraits de ces unités narratives
- ≻ procéder à des recherches de mots-clés
- ≻ faire fonctionner des opérateurs booléens grâce aux mots-clés sur les extraits
- ≻ produire des graphes présentant les occurrences de mots-clés associés à chaque extrait

Les résultats produits avec ce logiciel sont donc pour nous principalement représentés par des *extraits de discours* sélectionnés par des mots-clés. C'est donc par ce système de mots-clés que nous pourrons déterminer la présence, dans le discours des médiateurs, d'éléments pertinents au regard des questionnements que nous avons formulés.

5.1.2 Critères d'analyses

Nous avons été amenés à construire un certain nombre d'indicateurs à partir de nos hypothèses issues du cadre théorique. Ces indicateurs ont été répartis en quatre *critères* généraux :

- ≻ Critères d'analyse « Didactique » : repérage des indicateurs didactiques
- ≻ Critères d'analyse « Récit » : repérages des indicateurs de mise en récit
- ≻ Critères d'analyse « Fiction » : repérage des indicateurs de recours à la fiction
- ≻ Critères d'analyse « Médiation » : repérage des indicateurs médiatiques

A ces quatre axes d'analyse nous avons ajouté un groupe « Index » : ce groupe est lié aux contraintes du logiciel Transana pour organiser les unités narratives du discours. Les indicateurs désignés par « index » sont des mots-clés permettant d'organiser le discours des médiateurs en sommaire, ce qui facilite le traitement et le classement de ces données.

Nous présentons ci-dessous ces cinq critères d'analyse. Chaque ensemble de critère est présenté dans un tableau. Le tableau qui rassemble l'ensemble des critères utilisés se trouve en annexe 9.3.3 page 549.

Critères d'analyse « Didactique »

Nos questionnements épistémologiques et didactiques nous ont conduit à proposer un certain nombre de critères d'analyse destinés à repérer dans le discours des médiateurs des éléments épistémologiques et didactiques caractéristiques. Ces critères sont présentés dans le tableau 5.1 page ci-contre.

Ces critères s'articulent autour de nos axes de questionnements :

- ≻ Mise en discours : activité discursive, communication implicite, postures méta, rembobinages
- ≻ Modèle de problématisation : Contraintes et nécessités, registres

TABLE 5.1 – Critères d'analyse de l'axe « Didactique » utilisés dans Transana

Critères	Caractéristiques
Activité	Type d'activité discursive engagée par le médiateur
Actualisme	Types d'actualisme mi en œuvre par le médiateur
Analogies	Formes d'analogie utilisées
Causalités	Les formes de causalités utilisées par le médiateur
Communication	Permet de détecter les modes de communication implicites
Contraintes et nécessités	Les contraintes et nécessités du modèle schématique de problématisation
MÉTA	Les formes de postures méta repérables dans le discours
OBSTACLES	Repérage des obstacles (référencés en cadre théorique) associés aux propos du médiateur
Organisation spatio-temporelle	Modalités de prise en charge de l'organisation des objets géologiques dans leur cadre spatio-temporel.
Patern VS Process	Type de concept engagé dans les explications
Problématisation	Type de problématisation mise en œuvre
Raisonnements	Types de raisonnement mobilisés par le médiateur
Registres	Registres utilisés en référence au modèle de problématisation
Rembobinages	Modalités de retour en arrière (analepses) repérable dans le discours
Temps qualitatif	Les formes de temps qualitatif utilisés
Temps quantitatif	Les formes de temps quantitatif utilisés
Typologie des faits géologiques	Distinction entre événements et phénomènes
Typologie des temps	Type de temps utilisé par le médiateur

- Mise en jeu de l'actualisme : Formes de temps engagées, analogies, types d'actualisme
- Prise en compte des obstacles

Afin de pouvoir procéder à une affectation rigoureuse de chacun de ces indicateurs à des éléments du discours, nous avons précisé, pour chaque indicateur, les modalités de sa mise en œuvre.

Critères d'analyse « Récit »

De même que nous avons constitué des critères d'analyse pour l'axe « didactique », nous avons mis en œuvre des critères d'analyse pour l'axe « récit ». Ils sont destinés principalement à mettre en évidence la présence de structures narratives particulières dans le discours des médiateurs et à focaliser notre analyse sur les modalités de leur « mise en scène ». Ces critères d'analyse de l'axe « récit » sont présentés dans le tableau 5.2 page suivante.

Les critères utilisés dans l'axe d'analyse « récit » répondent à plusieurs contraintes :

- Il s'agit pour nous de mettre en évidence la présence dans le discours du médiateur, d'un ou plusieurs récits ou des formes de narration (voir note 15 page 191). Nous avons choisi pour cela :

  L'action : Nous avons précisé dans notre cadre théorique en quoi l'*action*

Table 5.2 – Critères d'analyse de l'axe « récit » utilisés dans Transana

Critères	Caractéristiques
Intra-temporalité	Insertion d'un phénomène dans les temps humains
Mise en intrigue	Modalités de mise en intrigue
Niveaux de récits emboités	Niveaux d'emboitement des récits (3 niveaux, avec des sous-niveaux)
Progression RC Rec-Cad	Caractérisation des thèmes des récits cadre dans l'intervention Fournel-RC
Progression RC Rec-Enc	Caractérisation des thèmes des récits encadrés dans l'intervention Fournel-RC
Progression TG Rec-Cad	Caractérisation des thèmes des récits cadre dans l'intervention Dibona-TG
Progression TG Rec-Enc	Caractérisation des thèmes des récits encadrés dans l'intervention Dibona-TG
Récit	Critères de repérage du récit dans le discours du médiateur
Rembobinages	Modalités de retour en arrière (analepses) repérable dans le discours
Rupture	Repérage d'une rupture comme indicateur de récit
Tenseurs narratifs	Types de tenseurs narratif rencontrés dans le discours
Typologie des Récits	Les différents types de récits rencontrés
Unité narrative	Repérage des unités de narration dans le discours du médiateur

caractérise le point central autour duquel se construit le récit. Pour nous, une action évoquée dans un discours est susceptible d'être considérée comme l'action principale d'un récit en cours de narration. Nous avons considéré que l'action pouvait être appréhendée par son agent (l'acteur) ou alors en tant que subissant l'action (nous l'avons nommé dès lors « indice ») (voir tableau des indicateurs 9.3.3 page 551). Le critère utilisé est le critère « *Récit* ».

La mise en intrigue : La construction du récit autour d'une *intrigue* constitue également pour nous un indicateur important. Les formes de mise en tension au sein d'une narration constitue donc pour nous une forme de récit. Nous rapprochons également de la mise en intrigue, mais sans les confondre, la « rupture dans le cours des choses » comme une forme de mise en intrigue. Cette rupture constitue selon nous le point de plus forte tension dans la narration, que l'on peut également assimilé au point crucial du récit. Les critères utilisés sont : « *mise en intrigue* » et « *rupture* ».

- Nous devons également préciser la structuration du récit et des divers récits encadrés. Pour cela nous avons utilisé les critères : « *niveaux de récits emboités* », « *progression...* » et « *unité narrative* ».

- La prise en charge du temps et de son traitement, notamment dans les procédures de « voyage » dans des temporalités différentes est repérée par les critères « *intra-temporalité* » et « *rembobinage* »
- Les différentes formes de récits sont repérées grâce au critère « *typologie des récits* ». Ce critère permet notamment de mettre en évidence les formes que nous avons considérées comme non pertinentes pour produire une reconstitution historique en géologie.
- Enfin nous avons rassemblé dans le critère « tenseurs narratifs » les procédures de mise en tension narratives susceptibles de produire un effet de suspens et que l'on pourra analysé en les croisant avec les procédures de problématisation.

Critères d'analyse « Fiction »

Nous avons défini les critères de repérage de la fiction dans le discours des médiateurs autour de trois éléments. Ils sont présentés dans le tableau 5.3.

TABLE 5.3 – Critères d'analyse de l'axe « fiction » utilisés dans Transana

Critères	Caractéristiques
Fiction	Repérage de mise en œuvre de la fiction dans le discours
Mimesis fictionnelle	Les formes d'imitation mises en œuvre grâce à la fiction
Référentiel fictionnel	Repérage des liens entre l'actuel et la fiction

Le critère « *fiction* » nous permet de montrer le recours à la fiction par les médiateurs. Nous avons utilisé un critère « *mimesis fictionnelle* » pour désigner le recours à la mimesis dans le contexte de la fiction. Ce critère nous permet notamment de mettre en évidence un recours à l'imitation par le médiateur. Enfin, le « référentiel fictionnel » est un critère destiné à montrer le recours par les médiateurs à des mondes possibles que nous souhaitons définir par leur liens entre l'actuel et la fiction.

Critères d'analyse « Médiation »

Les critères d'analyse de l'axe « médiation » sont destinés à mettre en évidence les procédures utilisées par les médiateurs pour mettre en œuvre leur discours. Ces critères sont présentés dans le tableau 5.4 page suivante.

Ces critères ont été pensés pour montrer comment le médiateur met en scène son discours. Ils ont été constitués pour repérer des formes de communication qui nous paraissent intéressantes à prendre en compte (par exemple pour détecter le recours à des implicites : critères « *communication* »). Ainsi, le critère « *méta* »

TABLE 5.4 – Critères d'analyse de l'axe « médiation » utilisés dans Transana

Critères	Caractéristiques
Communication	Permet de détecter les modes de communication implicite
Contrat de communication	Repérage des modalités d'engagement dans un contrat de communication
MÉTA	Les formes de postures méta repérables dans le discours
Postures du médiateur	Postures que prend le médiateur dans son discours
Récit	Critères de repérage du récit dans le discours du médiateur
Tenseurs narratifs	Types de tenseurs narratifs rencontrés dans le discours

nous permet de montrer que le médiateur a recours à des formes de méta-langage pour porter son discours.

D'autre part, les critères « *contrat de communication* » et « postures du médiateur » sont des critères destinés à mettre en évidence, non seulement, la prise en compte de contrat tacites qui est mis en œuvre entre médiateur et participants, mais également la posture que prend le médiateur quand il s'adresse à son public.

Enfin, le discours de médiation étant défini comme narratif, nous considérons que les deux critères utilisés précédemment (« *récit* » et « *tenseurs narratifs* ») relèvent de contraintes médiatiques. C'est la raison pour laquelle nous les avons placés également dans cette catégorie.

Critères « index »

Nous terminons cette présentation par des critères qui ne sont pas issus directement de notre cadre théorique mais plutôt de contraintes qui nous sont imposées par le recours au logiciel Transana. En effet, pour le bon fonctionnement de ce logiciel, nous devons pouvoir utiliser des mots-clés pour procéder aux découpages en épisodes et en extraits vidéos. Ces mots-clés, qui ne proviennent pas du cadre théorique que nous nous sommes fixé, sont pourtant incontournable si nous voulons pouvoir produire des résultats compréhensibles et exploitables. C'est notamment grâce à ces mots-clés que nous pouvons découper les videos en tronçons de courte durée, beaucoup plus facile à analyser et surtout beaucoup plus facile à organiser sous forme d'extraits.

Ces critères, que nous avons désignés par « index » sont présentés dans le tableau 5.5 page ci-contre.

Ces différents critères nous ont permis d'organiser le grand nombre d'indicateurs (164) qui ont permis de procéder au repérage des éléments pertinents du discours des médiateurs. La section suivante est destinée à présenter ces indicateurs.

TABLE 5.5 – Critères d'analyse de l'axe « index » utilisés dans Transana

Critères	Caractéristiques
Index	Repérage des unités narratives dans le discours (contrainte logiciel)
Niveaux de récits emboités	Niveaux d'emboitement des récits (3 niveaux, avec des sous-niveaux)
Progression RC Rec-Cad	Caractérisation des thèmes des récits cadre dans l'intervention Fournel-RC
Progression RC Rec-Enc	Caractérisation des thèmes des récits encadrés dans l'intervention Fournel-RC
Progression TG Rec-Cad	Caractérisation des thèmes des récits cadre dans l'intervention Dibona-TG
Progression TG Rec-Enc	Caractérisation des thèmes des récits encadrés dans l'intervention Dibona-TG
Thèmes Géologiques	Thèmes géologiques abordés par le médiateur

5.1.3 Liste des indicateurs

Au sein de chacun de ces critères, nous avons défini des indicateurs à mettre en œuvre dans Transana pour les affecter aux éléments retranscrits du discours et créer ainsi des *extraits codifiés*. Pour une plus grande facilité de mise en œuvre, ces indicateurs ont eux-mêmes été codés. Ils sont présentés dans le tableau 5.6 page suivante.

Le détail des modalités de mise en œuvre de chacun de ces indicateurs est présenté dans le tableau des indicateurs en annexe 9.3.3 page 551.

Ces critères et indicateurs d'analyse étant mis en place, nous devons présenter maintenant comment nous avons constitué notre corpus de recherche.

5.1.4 Traitement des enregistrements et transcriptions

Le traitement des enregistrement, réalisé grâce au logiciel Transana, s'est déroulé en trois temps : (1) importation des video/audio et conversion dans un format lisible par le logiciel ; (2) construction de l'arborescence de chaque ensemble de video/audio (mise en place des séries) ; (3) indexation des séries.

TABLE 5.6 – Codage des indicateurs d'analyse dans Transana

Les critères ont été classés par ordre alphabétique. Pour chaque critère, les codes des indicateurs associés sont présentés. Les détails de chacun de ces indicateurs sont disponibles en annexe 9.3.3 page 573.

Codage des indicateurs

(tableau général)

Critères	Codage des Indicateurs
Activité	Desc
	Exp
	Nar
	Obs
	PBion
	Ret
Actualisme	Act
	Act-Ana
	Act-TL
Analogies	Anal-Exp
	Anim
	Comp
	Meton
	Mtph
	Personf
Causalités	Ant
	Caus
	Caus-Geol
	Caus-Temp
	RLC
Communication	EXP
	IMP
Contraintes et nécessités	CONT
	Ctge
	NEC-Fonct
	NEC-Hist
Contrat de communication	Acces
	Emot
	Ser
Index RC	0-Index RC
	1-Intro
	2-Pays
	3-Granite
	4-Num1
	5-Num2
	6-BC
	7-HC
	8-Fin
Index TG	Index TG
	A. Intro
	B. Granite
	C. Magma granitique
	D. Radio-chrono Granite
	E. Orogenèse Hercynienne
	F. Erosion hercynienne
	G. Fusion racines Hercyniennes
	H. Fract Pangée 1
	I. Fract Pangée 2
	J. Fermeture océan alpin
	K. Erosion alpes
	L. Bilan desc 1
	M. Bilan desc 2
Intra-temporalité	Dat
	HistL
Fiction	Cont-Fict
	Mond-Pos
Méta	MDidac
	MDisc
	MRec
Mimesis Fictionnelle	Mim-Phen
	Mim-Struct-Hier
	Mod-Nom
	Mod-Mim
Mise en intrigue	MEI
	Rupt
Niveau de récit emboité	Mic-Rec
	Rec-Cad
	Rec-Enc-1
	Rec-Enc-2
OBSTACLES	Catas
	Caus Mot
	Chronot
	Cont
	Exp-Prem
	Fin
	HistCs
	Liq
	Obst-FB
	Prim Percep
	Temps Causal
Organisation spatio-temporelle	Org-Spat
	Org-Temp
Patern VS Process	Pat
	Proc
Postures du médiateur	Ens
	Med
	Scient
Problématisation	PB-Fonct
	PBHist
Progression RC Rec-Cad	Rec-Cad Geol Fournel-RC
	Rec-Cad tecto Alp-RC
	Rec-Cad Tecto Plaq-RC
Progression RC Rec-Enc	Rec-Enc Flysch
	Rec-Enc Globi
	Rec-Enc Gran
	Rec-Enc Num
Progression TG Rec-Cad	Rec-Cad Geol Dibona-TG
	Rec-Cad tecto Alp-TG
	Rec-Cad tecto plaque-TG
Progression TG Rec-Enc	Rec-Enc Erosion alp
	Rec-Enc Erosion hercyn
	Rec-Enc Ferm océan alp
	Rec-Enc Magma Granite
	Rec-Enc Ouv Océan alp
	Rec-Enc paysage Dibona
	Rec-Enc Pétro Granite
	Rec-Enc Age Granite
	Rec-Enc Fusion racines hercyn
	Rec-Enc Orog Hercyn
Raisonnements	Abd
	HD
	Ind
Récit	Acteur
	Action
	Indice
Référentiel fictionnel	Cont-Fact
	Cont-Sim-Rel-Diss
	Cont-Sim-Rel-Conc
Registres	RE
	REX
	RM
Rembobinages	FlshB
	pseudo-retD
	retD
	retL
	retS
Rupture	Rupt-Hist
	Rupt-Nom
Temps qualitatif	TpsCyc
	TpsLin
Temps quantitatif	tpsC
	tpsL
Tenseurs narratifs	Disc-Ret
	Ellipse
	Quest?
	TF
	TFI
	TI
Thèmes Géologiques	Er
	Ferm-oc
	Géomorph
	Magm
	Métam
	Micro-tecto
	Minér
	Ouv-oc
	Paléont
	Pétro
	Sédim
	Strati
	Subd
	Tecto-G
	Tecto-loc
	Volc
Typologie des faits géologiques	Evénements
	Phénomènes
Typologie des Récits	Chronot
	Meta-R
	R-Cons
	R-Enq
Typologie des temps	Tps-Dur
	Tps-Inst
Unité narrative	EVT
	Récit
	Séquence

Enregistrements

Nous avons procédé aux enregistrements *videos* à l'aide d'une caméra [2] branchée sur micro-HF [3]. Nous avons volontairement mis de coté l'analyse des images, qui n'était pas un objectif de nos recherches. Mais certains éléments « *hors texte* » ont été analysés comme éléments importants du discours verbal (gestuelle, posture, contexte...). Nous n'avons utilisé qu'un seul micro-HF, et ce pour deux raisons importantes. Tout d'abord, dès le début de nos recherches, nous avons centré nos analyses sur la *production* du discours de médiation, en mettant de coté, non seulement sa *réception*, mais également les interactions qu'il pouvait avoir avec le public. Ensuite le fait que nous ayons utilisé un seul micro HF provient d"une contrainte matérielle forte : dans ces situations de terrain, équiper chaque personne du public était complexe (nombre de participants, difficultés pour utiliser de micro d'ambiance, conditions météos instables, configuration de la topologie de l'endroit...) Ces contraintes nous ont donc conduit à préférer une analyse de la *production du discours* par le médiateur, sans mettre pour autant de coté les questionnements éventuelles sur les interactions médiateur/public, qui seraient exploitables ponctuellement. Nous avons cependant conscience qu'un tel choix suppose de repousser à plus tard ce travail d'analyse de*s interactions entre le médiateur et son public* dans le contexte particulier des médiations scientifiques sur le terrain.

Les enregistrements *audio* ont quant à eux été effectués avec à un Dictaphone connecté à un micro-cravate (Situations « Sixt », « Tannes et glacières » et « Tamié »). Mais ces enregistrements ne sont pas exploitables en totalité car les conditions d'enregistrement ont été délicates (vents, bruit). La présentation de l'ensemble de ces enregistrements se trouve en annexe 9.3.3 page 533.

Traitement des enregistrements

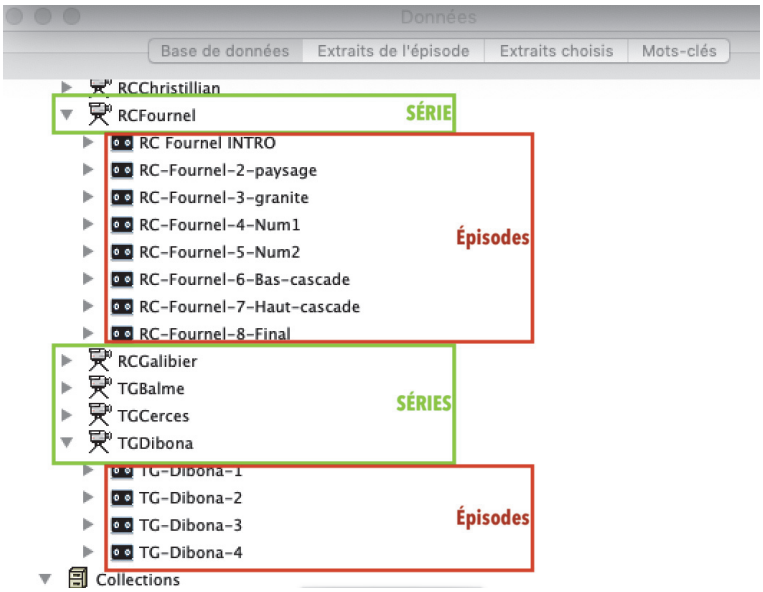
Dans un premier temps nous avons procédé à l'importation des enregistrements video et audio sur notre ordinateur. Les fichiers ont été convertis afin d'être lisibles par le logiciel Transana. Ces fichiers ont ensuite été transférés dans le dossier

2. Techniquement, certains enregistrements ont été menés grâce à du matériel vidéo mis à disposition par l'IUFM de Grenoble lors de la constitution de mon corpus de mémoire de master2 à l'IC2A. Les enregistrements videos concernent les situations « Fournel RC » et « Dibona TG » (qui ont été en fin de compte celles choisies pour une analyse dans ces lignes) ainsi que les situations « Christillian », « Galibier », « Balme » et « Cerces ». Les situations « Sixt », « Tannes et glacières », « Tamié », « Col du Joly » et « Océan valaisan » ont été enregistrées sous format audio.

3. Cependant ce micro n'étant pas équipé de bonnette anti-vent, l'enregistrement s'est avéré parfois de mauvaise qualité, voire même totalement inexploitable. C'est une des raisons qui ont fait écarter un des enregistrements le plus intéressant potentiellement (situation « Cerces »)

de travail du logiciel. Les enregistrements apparaissent dans Transana sous la forme d'une arborescence, dont un aperçu est présenté dans la figure 5.1.3. Chaque entrée de plus haut niveau est une *série* ; elle correspond dans notre cas à une *situation* que nous avons enregistrée. Une série est composée de plusieurs épisodes correspondant chacun à un moment de la situation. En fonction des conditions d'enregistrement, des découpages arbitraires ont pu être menés, ce qui confère à l'arborescence une structure non-logique. Ce problème est cependant réglé par la mise en jeu des mots-clés (voir 5.2.1 page 330) qui permettent de ré-organiser les épisodes lors de leur traitement.

FIGURE 5.1.3 – Les séries et épisodes dans Transana



Une fois les séries mises en place, nous avons procédé à une indexation de chacun des épisodes qu'elles contiennent ; pour cela nous avons attribué à chaque épisode un certain nombre de mots-clés permettant de le repérer et de le différencier des autres épisodes (voir figure 5.1.4 page suivante) .

Ce travail d'indexation est rendu nécessaire par le logiciel afin de pouvoir retrouver les différents éléments qui constituent les séries. Le logiciel permet en effet une recherche ciblée par mots-clés, ce qui constitue pour nous un outil puissant de repérage d'occurrences dans les discours enregistrés (voir figure 5.1.5 page ci-contre.

Transcriptions

Une fois ce travail préparatoire terminé, nous avons procédé aux transcription des discours pour chacun des épisodes. Ces transcriptions se font directement dans

FIGURE 5.1.4 – Indexation des épisodes de séries

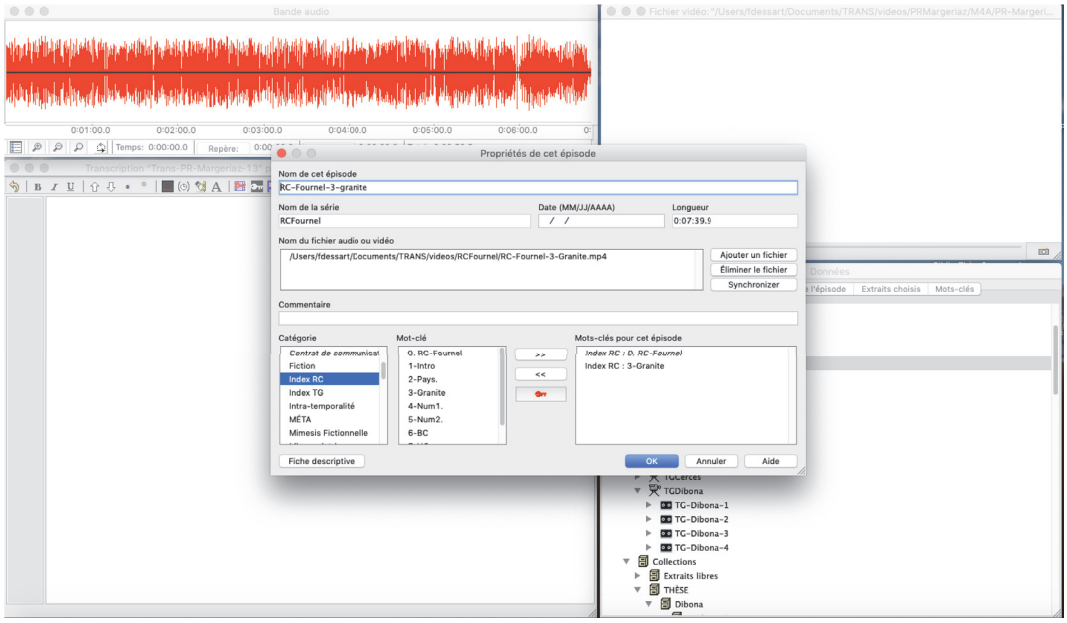
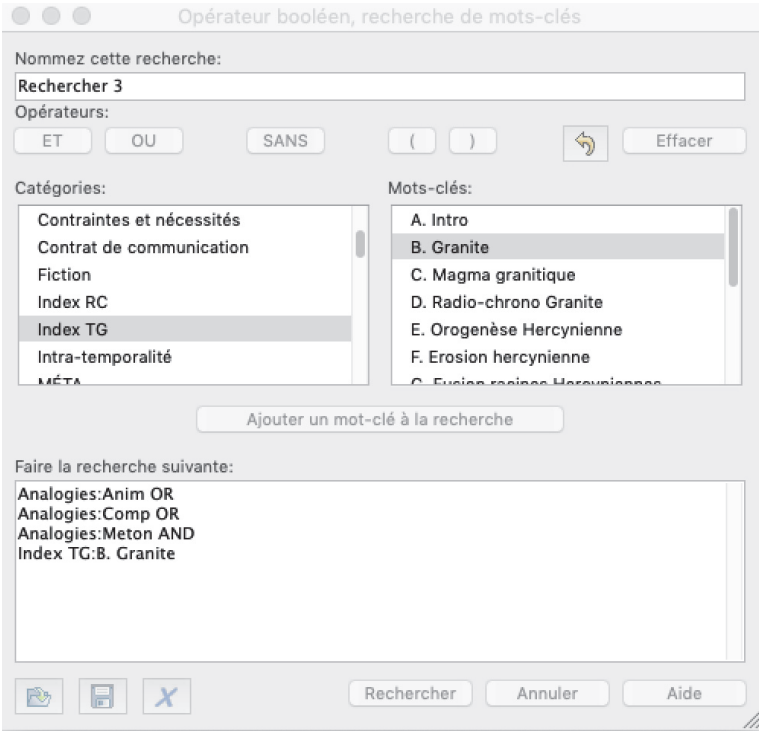
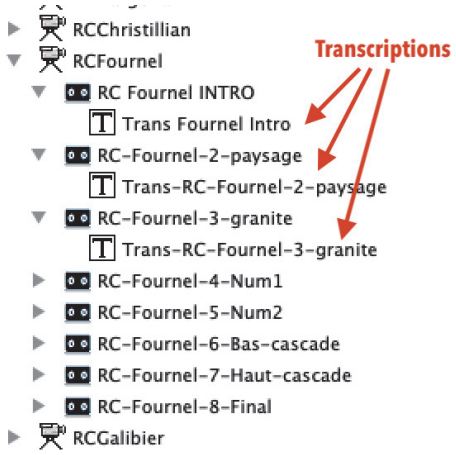


FIGURE 5.1.5 – La fenêtre de recherche de Transana



le logiciel Transana. A chaque épisode correspond une transcription (voir fig 5.1.6 page 328).

FIGURE 5.1.6 – Les transcriptions des épisodes dans Transana



Chacune des transcriptions ont été « time-codées » : chaque phrase ou groupe de phrase de chaque transcription est repéré par un code temporel. C'est par l'intermédiaire de ces codes temporels (time-codes) que le logiciel retrouve la séquence audio ou video correspondante (voir fig 5.1.7 page ci-contre et **??** page ??).

La mise en œuvre de ces critères d'analyses et de leurs indicateurs nous ont permis de produire des données exploitables pour nos analyses. Une telle production de données est présentée dans la section suivante.

5.2 PRODUCTION DES DONNÉES TRAITÉES

Nous avons organisé la production de nos données autour de deux axes méthodologiques :

1. Mise en évidence d'une structuration des discours autour de la narration ; indexation et organisation des unités narratives en collections. Pour cela nous avons eu recours aux mots-clés pour procéder à des découpages des interventions en unités narratives. Cette première approche consiste donc en une analyse *globale* du discours. Les résultats se présentent donc principalement sous la forme de *blocs de citations*, voire des *collections entières* qui témoignent d'une structuration générale du discours autour de formes

FIGURE 5.1.7 – Aperçu général de la fenêtre de transcription de Transana

narratives. Nous avons organisé ces résultats dans des collections nommées « *Collections*[4] *–S–* ».

2. Recherche par mots-clés, au sein des collections –S– précédemment sélectionnées, afin de repérer, dans le discours des médiateurs, les occurrences pré-définies en cadre théorique. Il s'agit donc, dans ce deuxième axe, de produire les citations pertinentes pour une analyse approfondie et surtout de les organiser entre elles (à l'aide des mots-clés affectés à chaque ligne de times-codes de la transcription). La recherche par mots-clés permet ainsi, grâce à une « routine informatique », de faire apparaitre par exemple l'ensemble des occurrences associées au même mot clé. Il est ensuite possible pour nous de procéder à l'analyse qualitative de ces occurrences. Nous avons organisé ces résultats dans des collections nommées « *Collections*[5] *–A–* ».

La production de nos données se fait donc en deux temps :

- ≻ *Premier temps : Production des collection –S–*. nous mettons en œuvre les mots-clés (ce que nous avons désigné par « affectation des indicateurs ») pour procéder à une analyse globale de la structuration du discours.
- ≻ *Deuxième temps : Production ces collection –A–*. les indicateurs nous per-

4. S comme « Structure » ; ces collections sont destinées à mettre en évidence la structuration du discours en récits.

5. A comme « Analyses » ; ces collections rassemblent les extraits destinés à une analyse approfondie.

mettent de produire des extraits codifiés. Les transcriptions des discours, découpées grâce aux times-codes, représentent un ensemble de 1200 lignes (voir les transcriptions en annexe 9.3.3 page 593). Le recours aux mots-clés permet ainsi de retrouver des occurrences et de les associer en les regroupant en collections thématiques. L'utilisation d'opérateurs booléens sur ces collections –A– permet de faire une recherche « croisée » de mots-clés : il a ainsi été possible de trouver des occurrences couplées (par exemple « problématisation » et « mise en intrigue ») fondamentales pour nos analyses.

La présentation et l'organisation de ces données peut être faite par l'intermédiaire du logiciel Transana qui peut extraire sous forme graphique les différentes occurrences de mots-clés rencontrées dans les discours.

5.2.1 Affectation des indicateurs et production des collections « –S– »

Les collections –S– (collections nous permettant de mettre en évidence la *structuration* des discours) ont été constituées grâce aux critères que nous avons désignés par « *index* » et qui nous permettent d'organiser les discours en *unités narratives*.

Ces indicateurs d'« indexation », rassemblés dans les critères « index » sont présentés en annexe 9.3.3 page 551. Ils ont permis de découper chaque intervention en unités narratives, que nous avons ainsi pu nommer. Le découpage du discours de RC-Fournel est présenté dans la figure 5.2.1 page ci-contre. Le découpage du discours de TG-Dibona est présenté dans la figure 5.2.2 page 332.

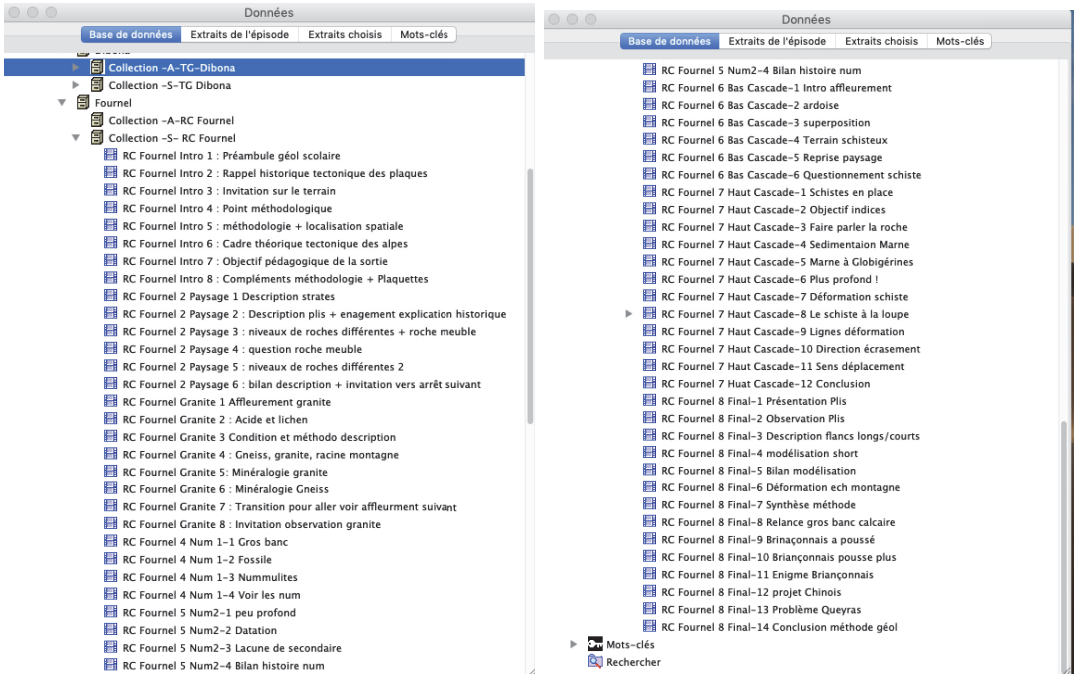
Après cette première phase de codage, permettant de produire les collections –S–, nous avons procédé à une deuxième lecture des extraits afin d'affiner l'affectation des mots-clés. Pour cela, nous avons au recours aux indicateurs d'analyse déjà évoqués, mais dont seulement certains ont été utilisés. Il s'agit en effet pour nous ici d'affecter des mots-clés aux extraits des collections –S–. Ces mots-clés portent donc sur des caractéristiques relativement générales de chaque extrait (voir tableau 5.7 page 337) . Ils permettent ainsi de définir un ensemble de caractéristiques pour l'extrait pris dans son ensemble[6] (voir figure 5.2.3 page 332).

Les collections –S– des interventions de nos deux médiateurs constituent donc en grande partie un sommaire de leur intervention. Elles mettent en évidence la structure globale de la communication qui est menée.

Ces collections représentent pour nous un objet d'analyse codifié qui nous permet d'entrer de façon rigoureuse dans la structure du discours. C'est aussi dans ces collections que se fait l'autre partie du travail d'analyse qui consiste à rechercher des occurrences prédéfinies et qui peuvent être très nombreuses. Un premier travail

6. C'est dans la phase suivante que ces extraits seront découpés en phrases ou groupes de phrases. Voir la section sur la production des collections –A–.

FIGURE 5.2.1 – Collections –S– Fournel-RC



(a) Collection – S– des extraits RC-Fournel 1 à 5

(b) Collection – S– des extraits RC-Fournel 5 à 8

FIGURE 5.2.2 – Collections –S– Dibona-TG

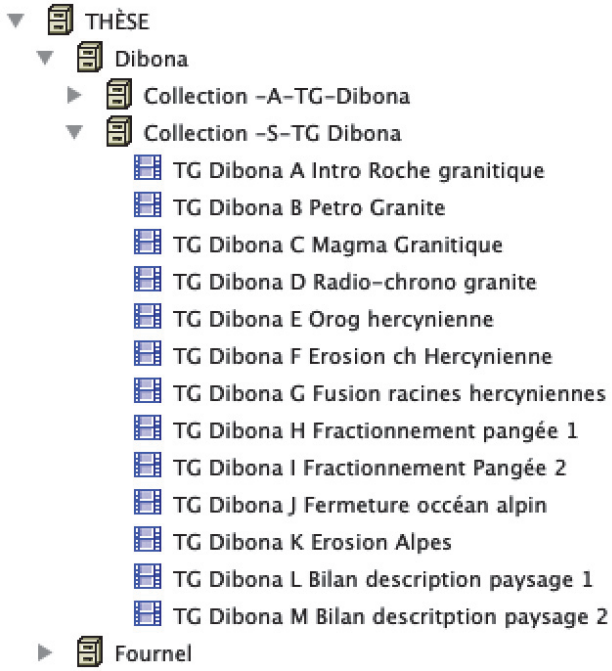
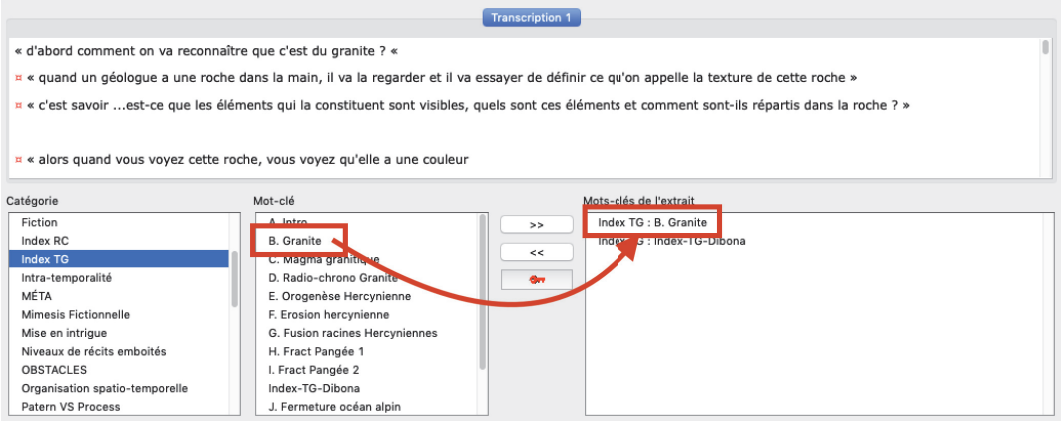


FIGURE 5.2.3 – Exemple d'affectation de mots-clés aux extraits des collections –S–



d'organisation était donc nécessaire pour gérer la masse de données produites.

La deuxième étape de production des résultats repose sur l'obtention, grâce aux mots-clés, d'un ensemble d'extraits (beaucoup plus ponctuels –une phrase ou quelques phrases–) que nous rassemblons dans les collections –A–

5.2.2 Production des collections « –A– »

En procédant à plusieurs lectures attentives des transcriptions et en attribuant à chaque fois des mots-clés aux phrases présentant une pertinence au regard de nos critères d'analyse, nous avons ainsi créé de nouvelles collections (les collections –A–) qui rassemblent des extraits sur lesquels nous feront nos analyses les plus « ciblées [7] ».

Ces collections –A– ont donc été constituées à partir d'extraits issus des collections –S–. Des mots-clés ont été affectés à chaque phrase ou groupe de phrases transcrites ; cela a pour conséquence dans Transana de générer, pour chaque élément sélectionné dans la fenêtre de transcription, un nouvel « *extrait* », qui peut donc être de taille très réduite et qui est codifié par des mots-clés.

Nous avons utilisé la fonctionnalité « *extrait libre* » proposé par le logiciel Transana. Elle permet de sélectionner une phrase dans le discours transcrit et de lui affecter des mots-clés. Chaque phrase du discours se retrouve ainsi « *traitée* » par nos indicateurs (=mots-clés). Ces extraits sont stockés dans un dossier que nous avons nommé « Collection–A– ». Chaque extrait étant identifiable par son nom (qui est composé à partir de l'épisode dont il est issu) et par les mots-clés qui lui ont été attribués.

Ces extraits, qui sont très nombreux, ne sont pas exploitables en l'état pour une analyse. Nous sommes donc amenés à procéder à une sélection par des mots-clés afin de retrouver les citations pertinentes sur lesquelles nous souhaitons porter notre attention.

Il nous reste donc ici à évoquer de quelle façon nous envisageons de présenter ces résultats.

5.2.3 Modalités de présentation des résultats

A ce stade de notre production de résultats, nous avons obtenu des extraits de discours, répartis en deux catégories de collections :

- Les collections –S– sont des collections issues d'un premier niveau de traitement, qui consiste à découper le discours du médiateur en unités narratives de niveau « séquence » (voir dans le liste des mots-clés, catégorie « Récit »).

7. De ce point de vue, nous justifions ici que notre niveau d'analyse soit la phrase ; mais nous avons eu l'occasion cependant de pousser l'analyse jusqu'au niveau du syntagme quand cela se s'est révélé nécessaire.

Les extraits correspondent donc à des « parties » de discours centrées sur un « *acteur* », une « *action* » ou un « *indice* » sur lequel le médiateur se focalise.

- ≻ Les collections–A– sont des collections issues d'un deuxième niveau de traitement, qui consiste à découper les extraits de la collection –S– en sous-unité d'analyse. Elles se composent d'« extraits libres », chacun associés à plusieurs mots-clés. Ces extraits constituent nos éléments d'analyse du discours.

Un tableau synoptique proposé par Transana permet de visualiser l'ensemble des mots-clés affectés à la collection. Il permet également de retrouver aisément un extrait sur lequel nous souhaitons focaliser notre attention. Les tableau d'encodage des mots-clés sont présentés dans les figures 5.2.4 et 5.2.5 page suivante.

FIGURE 5.2.4 – Encodage des mots-clés de la collection –S– Dibona-TG

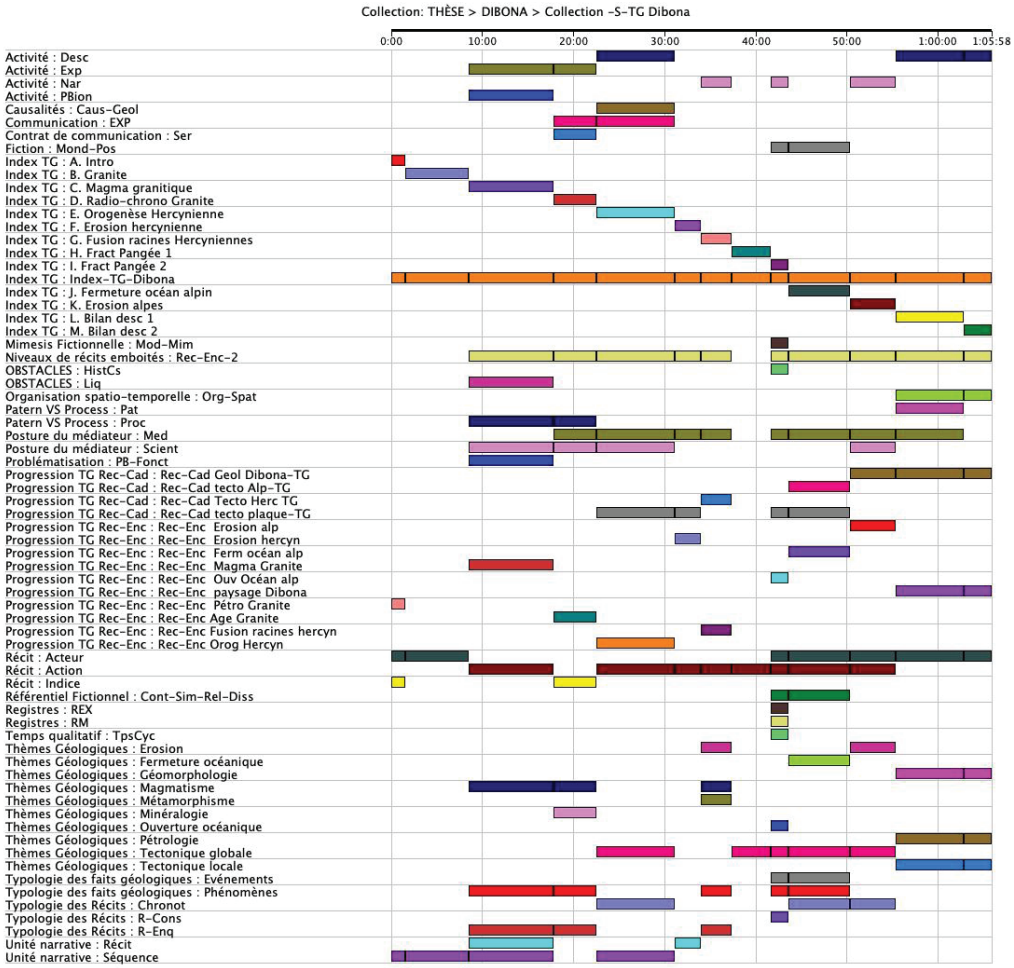
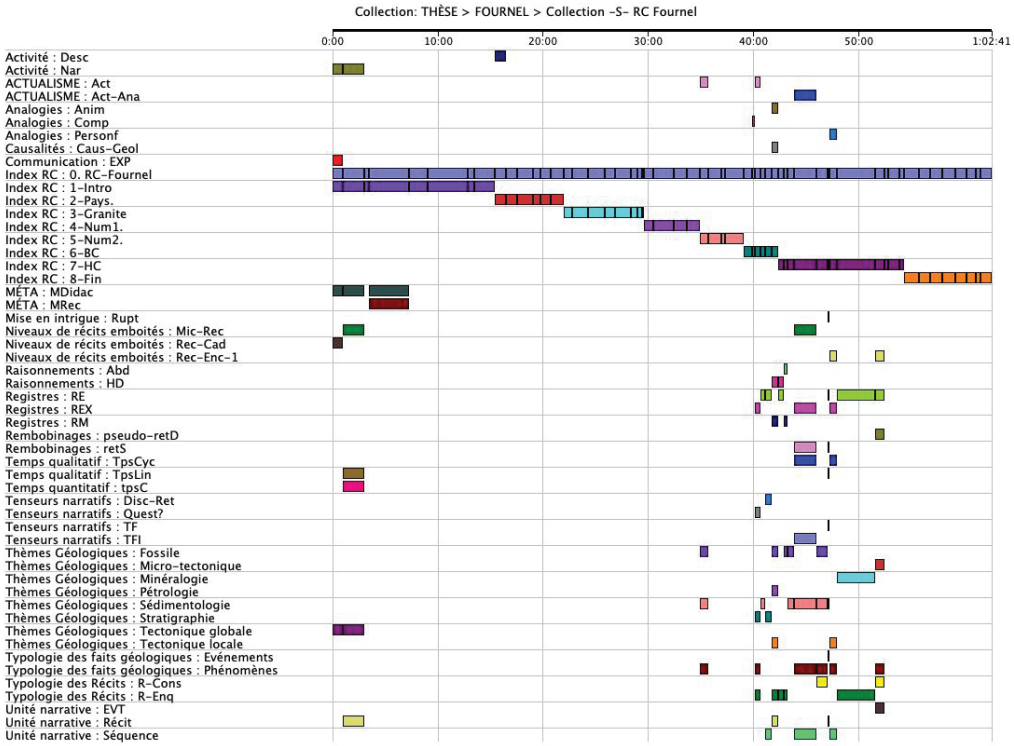


FIGURE 5.2.5 – Encodage des mots-clés de la collection –S– Fournel-RC



CONCLUSION

Cette partie méthodologique nous a donc permis de préciser l'usage que nous faisons des indicateurs mis en œuvre pour procéder à une exploration ciblée des deux discours de médiation que nous étudions. Les résultats que nous obtenons se présentent donc de deux façons. D'une part, quelques résultats quantitatifs nous permettent de mesurer par exemple le pourcentage de certaines occurrence dans le discours. Nous en ferons cependant un usage modéré dans nos analyses car c'est davantage l'approche qualitative qui convient à notre démarche.

Ces analyses de résultats sont présentées dans la partie suivante.

TABLE 5.7 – Les indicateurs d'analyse des collections –S–

Codage des indicateurs de collection —S—

Critères	Codage des Indicateurs
Activité	Desc
	Exp
	Nar
	Obs
	PBion
	Ret
Contrat de communication	Acces
	Emot
	Ser
Index RC	0-Index RC
	1-Intro
	2-Pays
	3-Granite
	4-Num1
	5-Num2
	6-BC
	7-HC
	8-Fin
Index TG	Index TG
	A. Intro
	B. Granite
	C. Magma granitique
	D. Radio-chrono Granite
	E. Orogenèse Hercynienne
	F. Erosion hercynienne
	G. Fusion racines Hercyniennes
	H. Fract Pangée 1
	I. Fract Pangée 2
	J. Fermeture océan alpin
	K. Erosion alpes
	L. Bilan desc 1
	M. Bilan desc 2

Fiction	Cont-Fict
	Mond-Pos
Méta	MDidac
	MDisc
	MRec
Mimesis Fictionnelle	Mim-Phen
	Mim-Struct-Hier
	Mod-Nom
	Mod-Mim
Mise en intrigue	MEI
	Rupt
Niveau de récit emboité	Mic-Rec
	Rec-Cad
	Rec-Enc-1
	Rec-Enc-2
Postures du médiateur	Ens
	Med
	Scient
Progression RC Rec-Cad	Rec-Cad Geol Fournel-RC
	Rec-Cad tecto Alp-RC
	Rec-Cad Tecto Plaq-RC
Progression RC Rec-Enc	Rec-Enc Flysch
	Rec-Enc Globi
	Rec-Enc Gran
	Rec-Enc Num
Progression TG Rec-Cad	Rec-Cad Geol Dibona-TG
	Rec-Cad tecto Alp-TG
	Rec-Cad tecto plaque-TG
	Rec-Enc Erosion alp
	Rec-Enc Erosion hercyn
	Rec-Enc Ferm océan alp
	Rec-Enc Magma Granite

Progression TG Rec-Enc	Rec-Enc Ouv Océan alp
	Rec-Enc paysage Dibona
	Rec-Enc Pétro Granite
	Rec-Enc Age Granite
	Rec-Enc Fusion racines hercyn
	Rec-Enc Orog Hercyn
Récit	Acteur
	Action
	Indice
Thèmes Géologiques	Er
	Ferm-oc
	Géomorph
	Magm
	Métam
	Micro-tecto
	Minér
	Ouv-oc
	Paléont
	Pétro
	Sédim
	Strati
	Subd
	Tecto-G
	Tecto-loc
	Volc
Typologie des Récits	Chronot
	Meta-R
	R-Cons
	R-Enq
Unité narrative	EVT
	Récit
	Séquence

Chapitre 6

RÉSULTATS ET ANALYSES

Nous présentons les résultats que nous avons obtenus en trois thématiques.

Dans un premier temps, nous montrons que les interventions des médiateurs peuvent être considérées comme structurées autour de mises en récits mais qui restent très discrètes, comme si le récit devait ne pas apparaitre vraiment dans la médiation. Le récit est alors présenté comme un objectif à atteindre, mais rarement comme un outil scientifique de construction de l'histoire géologique. Dans un deuxième temps, nous montrons que le fonctionnalisme prédomine dans le discours des médiateurs et impose de ce fait à la médiation une forme de scientificité qui s'avère difficile à contrôler. Le travail de construction des savoirs par le récit, même s'il n'est que partiel dans le cas de ces médiations, montre une forte mise en jeu des contraintes et des nécessités ; mais elles restent cependant très attachées au fonctionnalisme, ce qui confère à la construction historique une forme modélisée qui ne convient pas réellement à la médiation de terrain. Enfin, dans une troisième partie, nos résultats montrent que la prise en charge des temps géologiques est difficile et que les « *solutions* » trouvées sont soit de profiter de l'approche fonctionnaliste pour mettre de coté le temps, soit de l'exprimer comme inaccessible et renvoyer le spectateur à l'aporie du temps.

6.1 DES MISES EN RÉCIT DISCRÈTES ORGANISÉES EN RÉCIT–CADRE ET RÉCITS–ENCADRÉS

Les premiers résultats que nous présentons ici montrent que les mises en récits auxquelles les médiateurs se livrent sont peu saillantes dans le discours. Nous avons fait le choix de les considérer comme « *discrètes* » afin d'insister sur le fait qu'elles sont véritablement présentes dans le discours mais difficiles à « détecter ». Cette discrétion est en elle-même un élément important sur lequel nous porterons

notre attention. Dans un second temps, nous montrons que l'organisation en récit–cadre/récits–encadrés ne suit pas les mêmes procédés dans les deux situations que nous avons étudiées.

6.1.1 Des mises en récits très discrètes

6.1.1.1 La médiation n'est pas un récit

Dans les deux situations que nous avons analysées, nous avons pu mettre en évidence que la *médiation n'est pas un récit.* Elle ne peut être considérée en elle-même comme une narration : il n'a pas été possible de faire ressortir pour ces deux médiations, une structuration en récit telle que nous l'avons définie. Pas de mise en intrigue, pas de personnage central de l'action, pas d'action principale. Aucune péripétie ne peut être attachée à la médiation prise dans sa globalité. Cela signifie que la médiation, dans ces deux situations, ne se construit pas sur une mise en récit impliquant un personnage principal et une intrigue, autour d'une action.

Mais s'il n'y a pas d'intrigue clairement mise en scène, propre à la médiation, il existe cependant une « *histoire* » qui se met en place *a posteriori.* Cette histoire est une construction issue de la médiation. Pour les deux situations, quoique leurs mises en œuvre soient différentes, il y a une forme de communication scientifique qui mène à une histoire construite (voir les annexes 2 page 652 ; 2 page 652 ; 3 page 653 ; 4 page 653.

La médiation, prise comme objet de communication, n'est donc pas un récit. Mais cela ne signifie pas qu'elle n'est pas narrative. Cela signifie seulement que le médiateur ne met pas en place une histoire *construite spécifiquement pour cette médiation,* et qui commencerait au début de l'intervention et qui s'achèverait à la fin. Nous comprenons ici que l'idée d'un récit qui se substitue à la médiation n'a que peu de sens. C'est une première conclusion importante que nous posons ici : dans les situations que nous étudions, la médiation n'est pas un récit, elle ne se construit pas comme un récit. Mais, et cela n'est pas anodin, la médiation se construit sur des récits. La médiation se construit *en appui sur* des récits au sens où elle va mobiliser des narrations, au sein d'un discours plus complexe, plus composite. Et la médiation se construit sur *plusieurs* récits : c'est-à-dire qu'elle convoque plusieurs unités de narration, afin de composer un ensemble fini, ayant une signification dans le contexte global de la médiation. Cette structure en récits rassemblés dans un cadre global constitue ce que nous avons désigné par une structure en *récits-cadre/récits-encadrés,* fondamentale dans notre analyse des médiations de terrain.

6.1.1.2 Une narration peu explicitée

Dans le prolongement de cette idée d'une médiation qui n'est pas un récit, nous allons plus loin en précisant un autre aspect important. Le paradoxe selon lequel la médiation n'est pas un récit mais se construit sur des formes narratives conduit le médiateur à ne pas expliciter la narration — ou très peu — comme support de son discours. Il n'y a en effet aucune présentation explicite d'une histoire mise en œuvre dans le discours.

Pour montrer cette caractéristique importante du discours des médiateurs, nous avons recherché des indicateurs de l'explicitation de la mise en récit, que nous avons rassemblés dans le critère « *Méta* ». L'indicateur « *méta-récit* » nous a permis de détecter de telles explicitations quand elles se présentaient dans le discours. Deux formes pouvaient retenir notre attention dans cette recherche :

- une première forme qui relève selon nous de *l'invitation* à écouter/recevoir une histoire, en l'occurrence ici, une histoire géologique (autrement dit une histoire mettant en scène des personnages qui sont des objets géologiques). Une telle invitation pourrait, dans le contexte que nous avons défini, prendre la forme de « *je vais vous raconter...* » (ou toutes les formes pouvant s'en rapprocher).
- une deuxième forme se rapprocherait d'une prise de recul par rapport aux modalités de mise en récit. Un recul critique quant à la qualité narrative recherchée, ou bien un recul méthodologique quant à l'efficience de la pratique de la narration mise en œuvre. Par exemple, le médiateur pourrait prendre appui sur une formule du type : *« si je veux pouvoir raconter cette histoire géologique de telle façon ..., j'ai besoin de...* »

La recherche systématique de ces indicateurs n'a donné que peu de résultats.

Dans la situation Dibona TG : l'histoire géologique de la Dibona n'est pas du tout explicitée. A aucun moment une histoire de cet éperon de granite n'est envisagée dans le discours. Mais pourtant, implicitement, elle se profile comme un objectif du discours : ce qui se met en place petit à petit est bel et bien une histoire, l'histoire d'un massif granitique. Pour le dire autrement, le médiateur TG ne dit pas qu'il raconte une histoire géologique, mais pourtant son discours traduit que c'est ce qu'il est en train de faire. Cette histoire n'est jamais explicitée comme une histoire « *à raconter* » ou « *à construire* » ou encore « *à re-constituer* ». Le discours prend dès le début de l'intervention une structure très formelle, organisée autour d'une architecture « description / explication / datation / schématisation / synthèse » :

> « voilà, alors on va donc commencer par décrire cette roche, après on va essayer d'expliquer comment elle s'est formée, à quelle époque, et après on fera le visuel, on décrira tout l'environnement du refuge du Soreiller, à travers une petite coupe géologique » TG-I11

Le médiateur, en mettant en place un tel formalisme, se retrouve à faire visiter à son public, un univers singulier et obscure, qu'il éclaire de ses connaissances.

Dans la situation Fournel RC : le médiateur ne dit pas qu'il raconte. A aucun moment il n'a été possible de l'entendre dire quelque chose comme « *je vais vous raconter...* ». D'ailleurs il ne raconte pas ; il fait raconter. Il utilise en effet une subtilité habituelle de la narration, qui relève non seulement de *l'hétérodiégèse* [1], mais également de la *narration indirecte* : ce sont les personnages/objets géologiques qui témoignent du passé qu'ils ont vécu.

> « mais surtout c'est dans l'objectif de dire mais qu'est-ce que tu as me dire » RC-I49
>
> « qu'es-ce que tu as enregistré qui vaille le peine pour moi d'être connu » RC-I50
>
> « parce que si tu me racontes ce qui s'est passé au cours de ta naissance, depuis que tu es né, ce qui s'est passé » RC-I51
>
> « et bien je vais pouvoir raconter une histoire » RC-I52

Cette narration hétérodiégétique indirecte se traduit par le fait que le médiateur fait parler ses personnages/objets géologiques : ils sont dès lors des narrateurs intradiégétiques (Genette, 1972), c'est-à-dire faisant partie de l'histoire qu'ils racontent. Ainsi, RC, en *« dévoluant »* l'histoire aux objets géologiques qui sont à la fois acteurs et narrateurs, il se déclare comme un « médiateur » entre ces objets géologiques (qui parlent un langage compliqué) et son public, qui souhaite en connaître l'histoire.

Il apparait donc, dans ces situations, que le récit n'est pas montré comme porteur d'une méthodologie qui permettrait d'organiser l'histoire géologique. Soit il n'est pas considéré comme efficient (Situation Dibona-TG) et dès lors il est absent, y compris dans les formes implicites du discours, soit il est considéré comme un objectif à atteindre (Situation Fournel-RC), et de ce fait il est « *ce vers quoi il faut tendre* ». De ce point de vue, le récit se construit à partir des événements eux-mêmes reconstitués à partir des indices de terrain. Nous aurons à pousser plus loin cette analyse, en insistant sur cette inversion de la construction de l'histoire géologique : il semblerait que le sens commun prédispose à construire le récit à partir des événements, considérés comme des unités singulières qu'il faudrait rassembler. Or nous avons évoqué la nécessité de concevoir l'histoire géologique comme la configuration d'événements qui naissent du récit. C'est donc bien le récit qui pré-existe aux événements.

Mais avant d'aborder cet aspect, voyons comment les médiateurs mettent en œuvre leur discours autour d'un récit « à construire ».

1. Forme de narration dans laquelle le narrateur n'est pas présent dans le récit qu'il raconte.

6.1.2 Un récit cadre pour construire l'histoire géologique du Fournel

Nous avons envisagé l'hypothèse d'un récit cadre au sein duquel divers récits encadrés se mettent en place le long du discours du médiateur. Nous montrons ici que ce récit cadre est en fait le cadre théorique général de la géologie, représenté par la théorie de la tectonique des plaques. Dans la sortie Fournel RC, la mise en œuvre de ce cadre théorique est fortement saillant et positionné en tout début d'intervention. Nous présentons dans le tableau 6.1, le synopsis de l'introduction de RC (Arrêt A1). Cette introduction, qui dure un peu plus de 15 minutes, est dense en informations. C'est l'occasion pour RC de se poser comme médiateur, d'asseoir sa légitimité scientifique, de justifier ses choix quant à l'organisation de son parcours sur le terrain, et de délimiter le cadre théorique qu'il va mobiliser lors de son intervention.

Table 6.1 – Synopsis de l'introduction de la sortie géologique « Fournel RC » (Arrêt A1)

Codage	Titre	Résumé
RC-I01 / RC-I06	RC Fournel Introduction 1	Préambule géologie « scolaire »
RC-I07 / RC-I19	RC Fournel Introduction 2	Rappels historiques sur la tectonique des plaques
RC-I20 / RC-I21	RC Fournel Introduction 3	Invitation à se rendre sur le terrain pour enquêter
RC-I22 / RC-I59	RC Fournel Introduction 4	Mise au point sur la méthodologie de l'enquête de terrain
RC-I60 / RC-I74	RC Fournel Introduction 5	Localisation spatiale de l'enquête de terrain
RC-I75 / RC-I106	RC Fournel Introduction 6	Cadre théorique général de la tectoniques dans les Alpes
RC-I107 / RC-I110	RC Fournel Introduction 7	Objectif pédagogique de la sortie
RC-I111 / RC-I121	RC Fournel Introduction 8	Compléments méthodologiques et présentation des plaquettes du géoparc

Un discours didactique qui prépare le récit

D'un point de vue médiatique, l'introduction que fait RC en ce début de sortie géologique est relativement longue pour un public en attente d'une « mise en scène »

de la géologie. Cette introduction mobilise uniquement des contenus très théoriques qui tendent à repousser le véritable début de la géo-randonnée, durant laquelle le spectateur sera conduit à « faire » –symboliquement– de la géologie de terrain. Mais cette longue introduction parait néanmoins nécessaire dans la mesure où elle met en place un certain nombre de jalons théoriques qui s'avèreront fondamentaux dans le choix de démarche qu'il a fait. Nous pouvons donc considérer que le médiateur RC ne peut pas se passer de cette première phase de discours.

Le discours se met en place tout d'abord autour d'un positionnement fort sur les enseignements des SVT dans l'Éducation Nationale, et plus particulièrement sur les enseignements de la géologie. Divers éléments de langage rapprochent les propos de RC d'un discours de type *didactique* : mais il n'est cependant pas possible de le désigner véritablement comme didactique car il n'en possède pas les éléments caractéristiques. Néanmoins, il se « *projette* » comme tel ; le discours qui est sur le point de se mettre en œuvre se construit sur des savoirs qui font échos aux savoirs scolaires :

> « [La géologie] c'est une discipline qui ne laisse pas toujours des souvenirs éblouis à la plupart des jeunes gens qui en font » RC-I01
>
> « [...] c'était une discipline que l'on considérait comme strictement descriptive » RC-I03
>
> « [...] en réalité les professeurs faisaient bien plus que ça, mais le souvenir qui en restait, c'était surtout des cailloux qu'il fallait étudier » RC-I05

L'emploi répété du terme « *discipline*[2] » montre que la géologie est prise ici dans le sens de domaine d'enseignement. On peut supposer que dans ce contexte, RC s'appuie sur ses compétences d'enseignant qu'il met au service d'une médiation. Nous aurons l'occasion de montrer que le discours subit de nombreux aménagements pour s'adapter à un public d'amateur et non pas à un public d'élèves. RC tente également de montrer en quoi la géologie bénéficie de nos jours d'une sorte de « *réhabilitation* » dans le champ scientifique du fait de l'instauration, depuis les années 60, d'une théorie synthétique, qui rassemble tous les domaines de la géologie (qui pour certains, par le passé, étaient effectivement très descriptifs) : la *théorie de la tectonique des plaques*.

> « [...] alors ceci n'est plus tout à fait vrai, du moins je l'espère, depuis qu'il y a une espèce de théorie qui est un modèle, qui est aujourd'hui un mécanisme explicatif du fonctionnement de la terre » RC-I07

RC va plus loin également en justifiant les choix qu'il va être amené à faire dans la construction de son discours. Cette longue introduction est donc bien destinée

2. Nous rappelons que ce médiateur est un ancien professeur de SVT. Nous montrerons d'ailleurs à ce propos que son discours présente de nombreux traits caractéristiques empruntés au langage de l'enseignant.

à préparer le reste du discours. Analysons ces justifications, qui sont selon nous *théoriques*, *méthodologiques* et *médiatiques*.

Justifications théoriques RC justifie le recours à la théorie de la tectonique des plaques en faisant un rappel historique sur l'avènement de cette théorie. Il dit également comment cette théorie s'est instaurée dans un univers de la recherche en géologie qui était dispersé en disciplines variées et qui communiquaient relativement peu :

> « [...] parce que avant, souvent il y avait les gens qui étudiaient les volcans, ceux qui étudiaient les séismes, les roches, et finalement y avait pas trop de cohérence entre ces différentes parties de la géologie ; aujourd'hui grâce à la tectonique des plaques, c'est le cas. Voilà un petit peu un petit rappel historique » RC-I17/RC-I19

Justifications méthodologiques RC présente dans son introduction deux types de justifications méthodologiques :

- ≻ la nécessité de mettre en œuvre une démarche historique : de ce point de vue, RC montre que la géologie se construit en appui sur le cadre théorique de la tectonique des plaques, mais que cela n'est pas suffisant.

> « donc tout le travail du géologue ça va être d'utiliser des méthodes de lecture des objets pour pouvoir les exploiter en terme de dynamique d'événements » RC-I46
> « vous voyez, il faut plus que vous voyez, que vous regardiez, que vous étudiez, que vous décriviez des roches comme des roches, bon qui sont dures, pas dures, elles font effervescence à l'acide, elles font pas effervescence à l'acide, y a des cristaux, y a pas de cristaux, c'est pas ça » RC-I47
> « ça c'est la première étape, il faut le faire » RC-I48
> « mais surtout c'est dans l'objectif de dire : mais qu'est-ce que tu as me dire » RC-I49
> « qu'es-ce que tu as enregistré qui vaille le peine pour moi d'être connu » RC-I50
> « parce que si tu me racontes ce qui s'est passé au cours de ta naissance, depuis que tu es né, ce qui s'est passé » RC-I51
> « et bien je vais pouvoir raconter une histoire » RC-I52

Il s'agit pour RC de justifier ici d'une part, le recours à un cadre théorique qui peut être complexe, et d'autre part le besoin de « *faire parler* » les objets géologiques construit dans ce cadre, comme des témoins d'un passé clairement localisé dans l'espace et le temps. Ce qui renvoie à une deuxième nécessité :

- ≻ la nécessité d'aller sur le terrain afin de trouver des indices en *confrontation* avec ce cadre théorique :

> « alors juste un petit mot sur l'intérêt de travailler dans une chaine de montagne » RC-I60
>
> « pourquoi c'est plus intéressant dans une chaine de montagne ? » RC-I62
>
> « et bien dans une chaine de montagne, c'est intéressant parce que dans la chaine de montagne, il y a la récapitulation de tout ce qui se passe au cours du fonctionnement de la planète en surface » RC-I63

Nous notons ici que RC évoque, dans une terminologie implicite, l'histoire géologique comme une « *récapitulation de tout ce qui se passe au cours du fonctionnement de la planète en surface* » RC-I63. Le terme de *récapitulation* renvoie à une sorte de recensement de tous les événements du passé : ceux-ci sont considérés comme « *ce qui se passe* » (c'est-à-dire que ce sont des *événements accomplis*), dans le cadre du fonctionnement de la planète. Cette phrase représente donc un des éléments fortement structurant de l'introduction dans la mesure où il y a, dans ces quelques mots, une initiation des concepts majeurs de la démarche historique : les événements géologiques vont « construire » l'histoire. Nous voyons dans cet implicite une volonté de reconstituer une succession d'événements et non pas une successions de phénomènes. Nous aurons à revenir dans le détail sur cette dimension, mais à ce stade de notre analyse, nous voyons que l'histoire géologique est envisagée comme un ensemble d'événements qui se produisent « effectivement ». RC envisage donc d'en retrouver la trace : il justifie d'ailleurs de se retrouver dans un tel endroit pour cette sortie géologique :

> « et cette collision du continent se traduit par la formation d'une chaine de montagne » RC-I102
>
> « si vous voulez raconter l'histoire totale, c'est pas en allant dans un océan que vous aurez l'histoire totale, c'est pas en allant dans l'océan en train de mourir, c'est pas allant dans la croute en train de s'étirer, c'est en allant à la fin de l'histoire » RC-I103
>
> « c'est dans la chaine de montagne que vous pouvez trouver tous les vestiges de l'histoire » RC-I104
>
> « ils ont pu être enregistrés, fossilisés » RC-I105
>
> « donc l'intérêt de venir dans un chaine de montagne c'est parce que on a là une histoire complète à retrouver » RC-I106

Justifications médiatiques RC justifie également son propos d'un point de vue médiatique dans le sens où il évoque la nécessité de contenter son public, ou du moins de parvenir à lui faire comprendre les éléments de la géologie qu'il va mobiliser pendant cette sortie :

« parce que si tu me racontes ce qui s'est passé au cours de ta naissance, depuis que tu es né, ce qui s'est passé » RC-I51

« et bien je vais pouvoir raconter une histoire » RC-I52

« c'est ça le coté pédagogique que l'on essaye de donner à notre enseignement » RC-I53

« c'est ce coté un peu magique, c'est de faire passer des objets statiques, à une histoire dynamique » RC-I54

« c'est un petit peu la gageure que l'on va essayer d'atteindre ce matin » RC-I55

« alors avec des objectifs limités » RC-I56

« mais ambitieux » RC-I57

« si j'y arrive tant mieux » RC-I58

« si j'y arrive pas, vous m'excuserez » RC-I59

Il montre ainsi, par une telle prise de position que son objectif est doublement contraint. Il doit répondre à la nécessité de raconter une histoire (ce qu'il désigne par une « pédagogie » et qui renvoie une nouvelle fois à sa posture d'enseignant). Il doit également construire selon ses termes « du dynamique à partir du statique », ce qui relève d'après lui d'une gageure. L'explicitation du fait qu'il pourrait ne pas atteindre cet objectif (« *si j'y arrive pas, vous m'excuserez* » RC-I59) montre une autre posture, qui n'est pas celle d'un enseignant : c'est la posture du *médiateur*. Cela nous conduit à faire deux remarques importantes concernant le type de discours qui s'engage dans cette situation :

- Le fait que RC soit un ancien enseignant de SVT influence fortement la mise en œuvre de son discours. Il s'appuie effectivement beaucoup sur ses compétences d'enseignant, ce qui a pour conséquence de produire un discours centré sur les savoirs et les méthodes. La mise en scène reste proche de celle d'une leçon : il n'y a pas de « théatralisation » de la situation ; la médiation se construit sur une asymétrie symbolique des savoirs. Le médiateur est celui « qui sait » et que l'on écoute. Le public attend d'être guidé au travers de connaissances qu'il ne maitrise pas.
- De plus, et c'est une conséquence du premier point, la double posture du médiateur tend à mêler les formes de discours et à en faire une sorte d'*hybride*. Ce discours *médiatico-didactique* semble caractériser ces situations qui s'appuient fortement sur des contenus de connaissances. Il serait intéressant de montrer que, dans des situations comparables, mais présentant des contraintes de savoirs moindres, ce processus d'hybridation est moins marqué et tend vers la constitution d'un discours davantage médiatique.

En conclusion nous pouvons dire que RC construit une introduction qui semble fondamentale à la mise en œuvre de la démarche historique : il prépare un cadre phénoménologique permettant la construction des objets géologiques et ouvrant la possibilité d'en faire des indices de terrain, et donc des témoins des événements du passé. La tectonique des plaques est délibérément et explicitement considérée comme le cadre théorique au sein duquel peut se reconstituer une histoire géologique.

En ce sens, nous pouvons dire que RC prépare, dans cette introduction, le récit qu'il va reconstituer.

Le modèle de tectonique dans les Alpes présenté par le médiateur RC : un « modèle historique », hybride entre modélisation et histoire

L'histoire géologique que tente de reconstituer RC est désignée implicitement comme localisée, dans l'espace et le temps. L'objectif est de retrouver, dans les terrains du vallon du Fournel, des indices de la compression.

> « et bien nous notre travail ça va être de retrouver, de travailler dans cette chaine de montagne, de retrouver ce mouvement de rapprochement général » RC-I107
>
> « et d'essayer à la faveur de cette petite sortie, de montrer que effectivement pour la formation de chaines de montagne, y a des mouvements de rapprochement qui sont enregistré par les roches » RC-I108
>
> « c'est ce que l'on va essayer de faire, on va essayer de mettre en évidence un mouvement de rapprochement, un mouvement de collision » RC-I109
>
> « de manière à générer des reliefs des chaines de montagne » RC-I110

Il faut donc pour cela s'inscrire dans le cadre théorique de la tectonique des plaques, construire les objets géologiques au sein de ce cadre, et les organiser le long d'une histoire en mettant en cohérence les événements géologiques entre eux. Dans l'étape « RC-I75/RC-I106 » de son introduction (voir tableau 6.1 page 343) RC présente à son public un cadre théorique de la tectonique des plaques dans les Alpes, qu'il présente comme une histoire géologique générale des Alpes et qui apparait ici sous la forme de plusieurs blocs digrammes (voir figure en annexe .1 page 655) qui se succèdent de bas en haut :

> « alors j'ai ici [...](RC sort un panneau qu'il installe sur une voiture pour que tout le monde puisse voir) » RC-I64
>
> « alors ça a l'air un peu compliqué comme ça mais je vais essayer de le débroussailler suffisamment pour que l'on puisse exploiter [...] voilà. » RC-I65

Nous considérons ce type de modèle comme un « *hybride* » caractéristique de la géologie historique : il prend la forme d'une *modélisation*, schématisée par des blocs diagrammes reprenant les modèles théoriques d'ouverture et de fermeture d'un océan notamment. Mais ces blocs diagramme représentent les différentes étapes de *l'histoire* tectonique des Alpes (voir Fig .1 page 655). Ce schéma est donc une représentation des événements géologiques qui se sont produit dans les Alpes et qui résument leur formation. RC est donc ici « déjà » dans une histoire : il ne pose pas un cadre véritablement nomologique ici. Ce cadre est une histoire en partie modélisée et qui sert de référence pour penser les histoires localisées de chaque régions des Alpes. Ce point de départ est pour nous fondamental : il montre le

besoin de s'appuyer sur un cadre théorique nomologique pour penser les objets géologiques, mais il montre également ses limites du fait de la mise en œuvre d'un modèle historique à propos duquel nous avons engagé de nombreux doutes quant à sa pertinence épistémologique.

Néanmoins, cette mise en place d'une histoire modélisée tend à poser un « cadre historique » global, que l'on désignera dorénavant par « Récit cadre ». C'est un récit dans la mesure où il reconstitue des événements qu'il tente de mettre en cohérence. Et c'est un cadre de référence car les événements qui s'y mettent en place sont contraints par une légalité liée au cadre fonctionnaliste dont ils dépendent et de laquelle les événements ne peuvent déroger [3].

Le choix d'une fermeture sur l'histoire

RC fait donc le choix ici de construire un discours qui s'introduit sur un cadre général, celui de la tectonique des plaques dans les Alpes, et qui envisage de se « *fermer* » progressivement sur une l'histoire locale (au sens où elle est localisée dans le temps et dans l'espace) du vallon du Fournel :

> « et bien nous notre travail ça va être de retrouver, de travailler dans cette chaine de montagne, de retrouver ce mouvement de rapprochement général » RC- I107
>
> « et d'essayer à la faveur de cette petite sortie, de montrer que effectivement pour la formation de chaines de montagnes, y a des mouvements de rapprochement qui sont enregistrés par les roches » RC-I108
>
> « c'est ce que l'on va essayer de faire, on va essayer de mettre en évidence un mouvement de rapprochement, un mouvement de collision » RC- I109

Cette histoire à reconstituer est donc présentée comme une preuve de la compression tectonique s'appliquant dans cette partie des Alpes : « *montrer que effectivement* » RC-I108. Retrouver les indices d'une telle compression revient en effet à valider l'histoire globale selon laquelle les Alpes se seraient formées par fermeture d'un océan supposant des mouvements de convergence. Nous sommes donc ici dans un cadre typiquement *hypothético-déductif* dans lequel RC met en scène une hypothèse (la compression) et la recherche de sa validation sur le terrain. Il pose donc des conséquences vérifiables sous la forme canonique « si...alors » : *si* les chaines de montagne se forment par compression, *alors* nous devrions pouvoir retrouver des indices de cette compression.

La reconstitution historique est donc ici engagée dans une construction hybride, entre un fonctionnalisme qui tente de fournir des explications mécanistes et un historicisme qui cherche à organiser les événements dans le temps.

3. Nous montrerons, dans notre analyse de la « *fiction géologique* » (partie 9 page 453), que le recours à la contrefactualité permet cependant d'explorer cette légalité afin d'en faire ressortir les possibles explicatifs.

6.1.3 Une histoire géologique de la Dibona pour construire un récit-cadre

Pas de véritable cadrage théorique explicite

Le discours de TG dans la situation « Dibona » est fondamentalement différent dans sa mise en œuvre. Le cadrage est moins marqué : le cadre théorique général de l'intervention est perceptible par un géologue ou un connaisseur, mais il est indétectable par un amateur. Dans l'introduction de TG il y a un fort implicite sur ce qui va se mettre en place lors du discours :

> « on m'a donc demandé de venir animer cette petite fin d'après midi sur le thème de la géologie » TG-I2

Le « *thème de la géologie* » désigne bien un champ disciplinaire, mais il n'y a pas de discussion sur ce que recouvre ce terme. On peut aisément supposer que les membres du public ont tous des représentations assez variées de ce qu'est la géologie. Or les représentations que se font les participants sur la géologie peuvent peser lourd dans leur compréhension de l'histoire qui va leur être racontée. La suite du discours montre que ce cadrage théorique n'est pas une condition de départ mais plutôt un objectif méthodologique vers lequel l'histoire de la Dibona va devoir tendre pour pouvoir se raconter correctement. La structuration en sommaire du discours de TG (voir tableau 1 page 652) montre que le cadre de la tectonique des plaques arrive relativement tard. TG présente d'ailleurs un plan de son intervention qui envisage clairement cette structuration :

> « voilà, alors on va donc commencer par décrire cette roche, après on va essayer d'expliquer comment elle s'est formée, à quelle époque, et après on fera le visuel, on décrira tout l'environnement du refuge du Soreiller, à travers une petite coupe géologique » TG-I11

Alors que son discours va beaucoup mobiliser le cadre théorique de la tectonique des plaques, il n'en est pas fait mention dans son introduction. Nous voyons ici une centration sur l'aspect local et anecdotique de l'histoire de la Dibona. Cette histoire, ponctuelle est donc le point de départ vers une construction plus large, qui n'est pas présentée comme historique. Elle s'articule comme nous l'avons déjà évoqué autour de quatre axes :

- ≻ Décrire la roche de la Dibona
- ≻ Expliquer sa formation
- ≻ Dater sa formation
- ≻ Décrire le paysage

Si nous positionnons ces quatre éléments dans leur implication didactique, nous obtenons les éléments du tableau 6.2 page ci-contre.

TABLE 6.2 – Implications didactiques des axes du plan de la situation « Dibona-TG »

Sommaire de TG (TG-I11)	**Explicitation des axes du plan de TG**	**Implications didactiques**
Décrire la roche de la Dibona	Construction de l'objet géologique « Granite de la Dibona »	Activité phénoménologique autour du granite de la Dibona
Expliquer sa formation	Magmatisme à l'origine des granites orogéniques	Modélisation fonctionnaliste de la formation des granites post-orogéniques et application au cas du granite de la Dibona
Dater sa formation	Datation absolue et relative du granite de la Dibona	Intra-temporalité du granite de la Dibona
Décrire le paysage	Description des roches visibles dans le paysages environnant le refuge	Synthèse avec mise en cohérence des explications et du « visuel »

Le plan proposé par TG pour reconstituer l'histoire de la Dibona présente donc plusieurs caractéristiques importantes :

Du particulier au général : TG part du granite de la Dibona pour s'ouvrir à son environnement global. Même si dans le discours tel qu'il est réellement mis en œuvre cette structuration particulier -> général n'est pas si formelle, il transparait ici une sorte de volonté de TG de partir du local (le granite de la Dibona) pour aller vers le général (le cadre régional des Alpes qui peut être appréhendé par l'observation du paysage). Cette forme que choisit le médiateur est ici proche d'une « *monstration inductive* » au sens où il montre plus qu'il ne démontre et mobilise la Dibona comme un exemple qui sert de support à une généralisation.

Pas d'histoire géologique envisagée : TG n'exprime pas explicitement la reconstitution historique de l'aiguille Dibona. Alors que son discours va effectivement reconstituer une histoire de la Dibona, il n'utilise le terme que quatre fois dans les parties TG-Th et TG-FrPa :

> « donc il faut chercher une <u>histoire</u> bien plus ancienne , puisque les Alpes » TG-Th3
>
> [...]
>
> « là je vais aller assez vite parce que finalement, <u>l'histoire</u> que je vais raconter, c'est <u>l'histoire</u> qui va propulser la Dibona à 3000m » TG-FrPa5
>
> [...]
>
> « ça s'est produit 3 ou 4 fois dans <u>l'histoire</u> de notre planète » TG-FrPa15

Ces quatre occurrences représentent les seuls mentions du terme « *histoire* » dans le discours de TG. Et ces occurrences surviennent dans des phases du discours qui ne concernent pas directement la Dibona mais les modèles de la tectonique hercynienne (nous sommes là aussi confrontés à l'utilisation d'une histoire modélisée).

Pas de cadrage théorique introductif : TG, en s'engageant directement dans la description du granite de la Dibona, met volontairement de coté le cadrage théorique pourtant nécessaire à son analyse. Il mobilisera en fait ce cadre au fur et à mesure des besoins. Cette volonté de ne pas mobiliser de cadre dès le début du discours est selon nous caractéristique du type de discours que met en œuvre TG : nous sommes là face à un discours scientifico-médiatique[4]. Le cadre est désigné comme implicite : il n'est donc pas nécessaire, selon TG, de le préciser. Mais les contraintes médiatiques imposant que le public accède facilement aux concepts, ce cadre s'explicite petit à petit au cours du discours, un peu comme s'il se construisait « *au besoin* ».

Le choix d'une ouverture sur un récit cadre

Ces trois caractéristiques — monstration inductive / construction anhistorique / absence de cadrage de départ — conduisent d'après nous à mettre en œuvre un discours *inversé* par rapport à ce qu'il prétend dire : se rendre au pied de la Dibona suppose implicitement que l'Aiguille Dibona soit l'objet du discours. Or ici, le discours de TG s'appuie seulement sur cet exemple de l'aiguille de granite pour construire une histoire plus globale, celle de deux orogenèses qui se sont succédées et qui ont conduit à la production d'un pluton granitique à l'origine de la Dibona. L'histoire qui est racontée dans cette situation « Dibona-TG » n'est donc pas véritablement celle de la Dibona ; c'est celle de la tectonique des plaques ayant permis la mise en place de la Dibona. Cette nuance est fondamentale : elle tient à la place accordée à la *contingence*. Ici, l'histoire de la Dibona se construit sur une finalité, celle de la tectonique des plaques. Le fait que l'histoire se construise sur un axe téléologique met fin à toute contingence. L'histoire racontée étant celle de la tectonique des plaques, qui prend là aussi la forme d'un modèle historique, il n'est pas possible pour TG de considérer que cette tectonique des plaques puisse *ne pas avoir existé*. Mais cela tient au fait que la question de la contingence dans ce modèle est hors de propos : la contingence n'a de sens que dans le cadre d'une reconstitution d'événements. Hors ce « *modèle historique* » n'organise pas des événements mais des phénomènes. Se pose donc ici la question : comment, dans le cas d'une reconstitution historique, mobiliser un cadre théorique qui ne soit pas

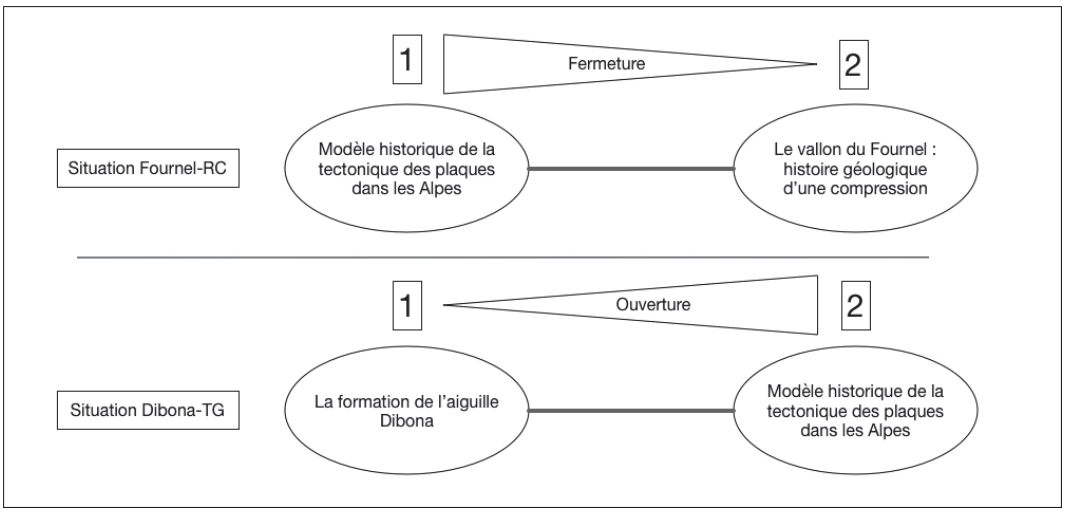
4. La lourdeur du néologisme que nous proposons ici, provient de notre volonté de recourir aux termes de Charaudeau pour désigner les formes de discours.

déjà une histoire ? Car si l'histoire est déjà racontée, nous sommes dans le cas d'une reconstitution mise en scène dans un « re-raconter » et non pas une véritable reconstitution historique.

La mobilisation d'un cadre pour la reconstitution d'une histoire géologique prend donc des formes différentes dans nos deux situations. Dans la situation Fournel-RC, ce cadre est présenté comme pré-requis à la reconstitution historique. Dans la situation Dibona-TG, le cadre se confond avec l'histoire qui se construit : l'aiguille Dibona est un prétexte à raconter un modèle historique de tectonique des plaques.

Alors que dans le cas du Fournel il y a fermeture sur une histoire géologique locale, dans le cas de la Dibona, il y a ouverture sur une histoire géologique globale. Dans les deux situations un modèle historique est mobilisé, mais qui n'a pas le même statut (voir Fig 6.1.1).

FIGURE 6.1.1 – La mise en œuvre d'un modèle historique comme cadre de la reconstitution historique dans les deux situations étudiées



Nous voyons donc que, avant même que soit mis en œuvre un récit tel que l'on peut l'attendre dans nos situations, le cadre de ces mises en récit prend des formes très différentes. Nos analyses montrent donc une tendance, dans ces médiations de terrain, à la mise en place d'un « *récit modélisé* », que nous aurons l'occasion d'analyser plus en détail par la suite. Les deux médiations que nous avons étudiées présentent toutes les deux cette tendance mais sans qu'il soit possible pour nous de dire qu'elles ont une même origine. Nous avons d'ailleurs à ce propos éviter de trop comparer ces deux situations qui présentent trop peu de similitudes. Il n'en reste pas moins que la référence à un modèle explicatif se pose selon nous comme un obstacle à la reconstitution de l'histoire géologique.

Conclusion

Il ressort de ces premiers résultats que le récit apparait comme « *quantitativement* » peu présent dans le discours des médiateurs. Néanmoins, nous l'avons trouvé dans le discours de médiation sous des formes inattendues qui ont leur importance. Il n'en reste pas moins que la communication qui se met en place dans ces situations ne prend pas vraiment la forme d'une histoire racontée, du moins au sens que le public est en mesure d'attendre. Il n'y a pas de mise en scène de la forme « *je vais vous raconter une histoire géologique* ». La médiation en elle-même n'apparait pas comme un récit mais elle se nourrit de formes de narrations qui organisent le propos. Et même si le médiateur ne dit pas qu'il raconte, il a recours à des formes de narration qui apparaissent comme fondamentales à son discours.

Cependant, si le discours ne semble pas construit « *comme une histoire* », il envisage très clairement d'en construire une. Le récit ne serait donc pas considéré comme un outil de médiation, un *moyen* de construire l'histoire géologique mais plutôt comme un *objectif* à atteindre. Le discours se fixe ainsi comme objectif de construire une histoire.

Or nous avons émis l'hypothèse que le récit fonctionne davantage à l'inverse : il pré-existe aux événements qu'il mobilise. Par le récit, qui configure les événements, l'histoire prend naissance. Nous mettons ici en évidence un paradoxe important pour lequel nous souhaitons apporter des explications. Pour cela nous envisageons d'explorer une des raisons qui semblent à l'origine du recours excessif au modèle : le fonctionnalisme.

6.2 UN FONCTIONNALISME PRÉDOMINANT DANS LE DISCOURS

Parmi les résultats que nous avons obtenus, certains montrent de façon assez nette que le fonctionnalisme prédomine dans le discours des médiateurs. Rappelons ce que nous entendons par fonctionnalisme : il consiste en un forme de science qui prend en charge les problèmes scientifiques dans ce qu'ils ont de mécaniste, c'est à dire qu'il y a construction d'une explication d'un fonctionnement, d'un processus. La causalité y est souvent d'affinité physico-chimique : le lien qui unit les causes aux conséquences répond à des lois prédéfinies. L'approche fonctionnaliste consiste donc le plus souvent en une « vérification », dans le sens d'un raisonnement hypothético-déductif. L'expérience permet ainsi de vérifier si, dans un cas précis, une explication (considérée comme hypothèse tant qu'elle n'est que transitoire) répond bien au cadre légal utilisé. La conformité des résultats obtenus avec ceux attendus permet de déduire l'explication comme valide (dans le cadre légal prédéfini).

Nous avons eu l'occasion de montrer en cadre théorique que ce mode de raison-

nement n'est pas adapté à la démarche historique qui procède davantage par un *raisonnement abductif*, qui correspond à la démarche de l'enquêteur. A la différence de la démarche hypothético-déductive, la démarche abductive « *remonte* » vers la règle plutôt que de vérifier si l'explication s'applique à elle. La démarche abductive n'est pas aussi « *solide* » que la déduction, mais elle l'est davantage que l'induction. Elle correspond ainsi à un compromis entre deux approches qui ne sont pas adaptées à la reconstitution de l'histoire : la déduction ne peut mettre en œuvre la contingence, l'induction, en procédant par généralisation ne peut expliquer le singulier.

Compte tenu de ces contraintes de raisonnement imposées par la démarche historique, nous avons recherché les formes de raisonnement menées dans le discours des médiateurs. Nous avons pour cela recherché de façon systématique : (a) les modes de raisonnements utilisés ou référencés dans les explications des médiateurs ; (b) la focalisation des explications sur les *pattern* vs les *process* par les médiateurs. Cela nous a permis de montrer d'une part que c'est le mode de raisonnement hypothético-déductif qui est privilégié dans le discours des médiateurs et d'autre part (et cela est une conséquence directe semble-t-il du point précédent) que ce sont les *process* qui sont principalement engagés dans les explications. Après avoir présentés ces deux aspects du discours des médiateurs, nous montrerons que, en parallèle de ce fonctionnalisme, le discours mobilise peu les contraintes et les nécessités.

6.2.1 Des raisonnements principalement hypothético-déductifs

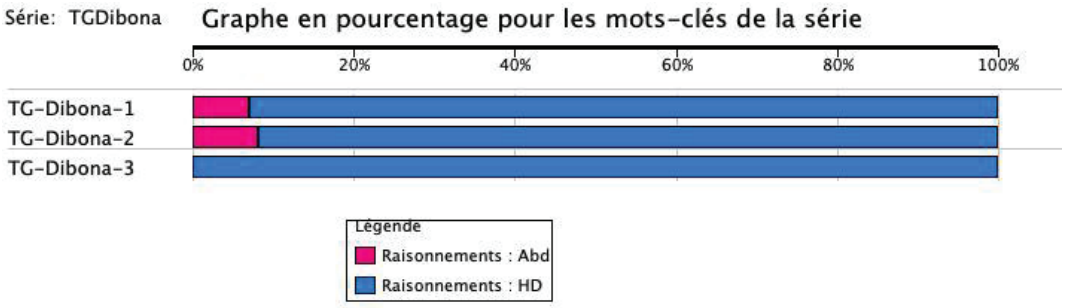
C'est principalement dans la situation Dibona-TG que nous avons pu mettre en évidence une telle prédominance du raisonnement hypothético-déductif. La situation Fournel-RC est de ce point de vue assez différente ; nous l'évoquons dans un deuxième temps dans ce paragraphe.

Nous avons utilisé les indicateurs Ind, Abd, et HD, du critère « *Raisonnements* » pour mettre en évidence les modes de raisonnements utilisés par le médiateur. Les résultats obtenus pour le situation Dibona-TG sont présentés dans la figure 6.2.1 page suivante.

Ces résultats montrent une très nette prédominance du raisonnement hypothético-déductif (que nous abrègerons désormais par HD) sur le raisonnement abductif ainsi qu'une absence de recours à l'induction.

Le raisonnement HD se présente principalement dans sa dimension déductive : la dimension hypothétique est peu développée dans le discours. Il y a de ce fait très

FIGURE 6.2.1 – Modes de raisonnement de la situation Dibona-TG (répartition en pourcentage des occurrences)



peu d'éléments du discours qui sont envisagés comme des explications possibles en attente de validation ou de confirmation. Ainsi, les explications apparaissent dans le discours comme des déductions issues d'un modèle explicatif pré-existant. Les formes les plus utilisées s'apparentent à des variations autour de « *si...alors* » mais qui sont mobilisées différemment selon les contextes :

Une « expérience racontée » : le médiateur TG propose à son public d'imaginer une expérience réalisable facilement et dont on est a priori capable de tirer les conclusions.

> « par exemple on va prendre un glaçon, d'accord, et puis vous prenez un deuxième glaçon, tous les deux flottent sur l'eau, les continents flottent sur quelque chose qui n'est pas liquide, on l'a déjà dit, mais qui est plastique, qui est le manteau, et puis vous prenez votre glaçon et vous allez le faire passer sous le premier, comme un continent qui passe sous un autre continent, et quand le système se bloque, quand vous lâchez le glaçon que vous avez mis par dessous, qu'est-ce qui va se passer ? » TG-Th31
>
> (...)
>
> « le glaçon que vous savez mis par dessous, sous l'effet de la poussée d'Archimède, il va remonter, poussant au dessus de lui le glaçon qui était sur son dos, et ça , ça va entraîner le soulèvement des montagnes » TG-Th32

Une expérience de pensée : le médiateur demande à son public d'imaginer une situation expérimentale non triviale, ce qui suppose de s'en remettre à lui en ce qui concerne les conclusions qui peuvent être apportées.

> « Alors si on comprime, on va reculer le point de fusion, donc faut faire le contraire, il faut faire de la décompression, alors ça c'est de la thermodynamique, c'est pas évident, si y en a parmi vous qui on fait de la métallogénie, vous savez que pour faire fondre un minerai, souvent on le fait avec des pompes à vide qui accélèrent la fusion » TG-M25

Une modélisation : dans ce cas, les formes du *« si...alors »* sont les diverses « options » du modèle fonctionnaliste. Le médiateur explore ce que le modèle propose d'explicatif ; à chaque option envisagée (conditionnée par un *si*) correspond une déduction (proposée par un *alors*).

> « donc si moi je suis capable d'injecter dans le manteau terrestre, de l'eau dans des roches qui sont normalement solides, cette eau va faire fondre les roches du manteau » TG-M40
>
> « quand je veux complètement éroder une montagne qui fait 6000m d'altitude, je ne dois pas grignoter 6000 m de roche, mais c'est beaucoup plus, parce qu'une montagne à complètement finie d'être érodée quand la croûte continentale est revenue à 30 km d'épaisseur » TG-Eh12
>
> « et si mes racines se soulèvent au fur et à mesure que je grignote la chaîne de montagne, elle vont remonter, les racines qui remontent vont se retrouver à des profondeurs de plus en plus faibles » TG-Fuh3
>
> « si rien ne s'était passé, et bien ça veut dire que le continent sud serait arrivé au pôle sud et le continent N serait arrivé au pôle N » TG-FrPb3
>
> « regardez bien, si l'Afrique descend, ...si l'Afrique monte vers le NE, et si l'Eurasie descend vers le SE, qu'est-ce qui va se passer ? » TG-F-Oa3

Nous voyons ainsi que dans ce contexte, le si...alors peut prendre des allure de contingence historique, un peu comme si le modèle proposait des bifurcations possibles à l'histoire. La direction prise par l'histoire n'est cependant pas abordée : nous verrons plus loin que ce possible n'étant pas étayé par une nécessité, il ne peut se construire comme « historique ».

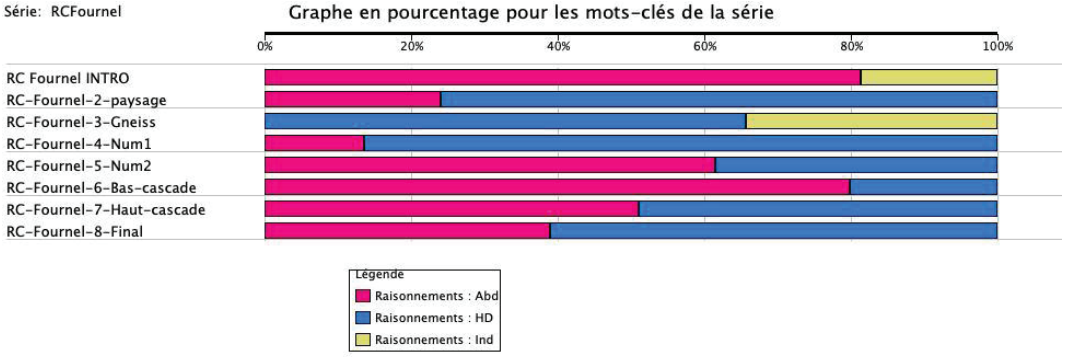
Le raisonnement abductif, quant à lui, est représenté par seulement deux phrases du médiateur. Mais ces deux phrases ne témoignent pas complètement du raisonnement engagé : elle supposent un recours implicite à une abduction :

> « donc il faut chercher une histoire bien plus ancienne, puisque les Alpes ici se sont formées je dirais principalement durant l'ère tertiaire, c'est à dire il y a un peu moins de 60 ma » TG-Th3
>
> [...]
>
> « et c'est dans une de ces bulles que j'ai dessiné, que encore en profondeur, s'est formé le granite de ...Mlle Dibona » TG-Fuh17

Nous n'avons pas trouvé, dans le discours du médiateur TG, de trace d'un raisonnement inductif. La forme que prend son discours témoigne donc d'une volonté de l'ancrer dans une scientificité clairement visible par le public : nous pensons que la déduction porte cette visibilité du discours scientifique. La mécanique déductive semble être la plus adaptée pour conférer une scientificité au discours, probablement car parce qu'elle mobilise un modèle explicatif fermé (au sens où il n'est pas questionné dans la situation présentée), à l'inverse de l'induction qui, partant d'un cas, tend à généraliser à tous les cas.

Dans la situation Fournel-RC, le recours au raisonnement HD est moins développé ; il laisse une place plus importante au raisonnement abductif, et même à quelques phases de raisonnement inductif (voir figure 6.2.2 page suivante).

FIGURE 6.2.2 – Les modes de raisonnements utilisés dans la situation Fournel-RC (répartition en pourcentage des occurrences)



Ces résultats montrent que le raisonnement HD prend une part importante dans le discours de terrain, environ 52 % en moyenne, contre 43 % de raisonnement abductif. Le raisonnement inductif ne représente que 5 % du discours.

Ce *raisonnement inductif* est mis en œuvre uniquement lors d'un seul arrêt, qui concerne le gneiss du fond de la vallée (arrêt 3 – voir figure 4.2.22 page 286–). Ce gneiss est testé à l'acide par RC, qui confirme ainsi que la roche n'est pas calcaire. Mais il ajoute que la présence d'un lichen sur cette roche lui donne une information importante : ce lichen ne pousse pas sur les roches calcaires.

> « parce que c'est un lichen qui ne pousse pas sur les roches calcaires » RC-G11

La généralisation qui peut être faite à partir de cette considération (qui ne relève pas ici du registre empirique, mais du registre théorique) consiste bien, dans ce contexte, en une induction. Le *Rhizocarpum geographicum* ne pousse pas sur le calcaire : cela est présenté comme tel. Jusqu'à preuve du contraire, ce lichen ne pousse pas sur le calcaire. Mais RC insiste sur le fait que si ce lichen ne pousse pas sur le calcaire, c'est que le carbonate de calcium est un poison pour lui.

> « c'est un lichen pour lequel le carbonate de calcium est un véritable poison, donc il pousse pas » RC-G16

Cette phrase de RC réduit la portée inductive de cette règle (pas de lichen sur le calcaire) en lui donnant une dimension déductive : la connaissance du mécanisme selon lequel le carbonate est poison pour le lichen permet de déduire les conditions de son développement. Cette incursion dans l'induction est donc à relativiser, d'autant plus qu'elle ne concerne pas un problème géologique au sens strict, mais

plutôt un aspect méthodologique de la géologie de terrain (ce qui n'est effectivement pas lié directement à l'histoire du vallon du Fournel).

Le raisonnement abductif représente une part importante du discours. Il semble lié à la volonté du médiateur de reconstituer une histoire du vallon du Fournel, dans le cadre théorique qu'il a mis en place lors de son introduction en début d'intervention. Ces éléments théoriques généraux posés (la tectonique des plaques dans le contexte de la formation des Alpes), il raisonne dans ce cadre en « remontant vers ce qui s'est produit », en mettant en œuvre une démarche d'enquête. Pour cela il exprime clairement qu'il veut faire parler les objets géologiques rencontrés sur le terrain.

> « une fois qu'on a décris les objets et leur géométrie, et bien on va essayer d'exploiter ces objets » RC-I41
> « les exploiter , c'est à dire , leur faire dire ce qu'ils ont enregistré » RC-I42

Cela le conduira à produire des explications sur les conditions des événements géologiques passés, comme par exemple :

> « donc vous voyez que la nummulite nous dit : oh mais grâce à moi tu peux raconter à tout le monde que le bassin dans lequel s'est déposé ce calcaire était un bassin faiblement profond » RC-N206

Cette démarche abductive semble donc être efficiente *dans* le cadre prédéfini de la tectonique des plaques, dans le contexte singulier de la formation des Alpes. C'est en mobilisant l'actualisme que cette démarche abductive peut être mise en œuvre : l'observation des nummulites dans de telles roches sédimentaires ne prend sens qu'au travers de l'actualisme qui les construit comme indices des conditions de sédimentation passées. La construction du raisonnement selon les modalités « nummulites –> pas profond » (autrement dit indices -> événements) correspond bien à une démarche d'enquête. Cependant, nous voyons bien ici qu'une telle démarche n'est pas dissociée totalement de la démarche hypothético-déductive que suppose le recours à l'actualisme. Voyons comment cette dernière est mise en œuvre dans le discours de RC.

La *démarche hypothético-déductive* est, comme dans le discours de TG, la plus représentée. Mais nous montrons ici que c'est très probablement pour des raisons différentes. Alors que nous pensons que la démarche HD est employée principalement pour donner une scientificité au discours de TG, il semble que, dans le discours de RC, ce recours soit lié davantage au contexte de la reconstitution historique et non pas à la recherche d'un effet sur la forme du discours (que l'on ne peut cependant pas exclure). De plus, la démarche HD semble essentielle dans l'exploration des indices de terrain, mais pas dans la construction de l'histoire géologique. En effet, chaque recours au raisonnement HD conduit à la construction d'un objet de terrain

comme indice de l'histoire. Mais l'histoire en elle même ne se construit pas par déduction. Il y a remontée vers l'histoire presque uniquement par abduction.

> « nous sommes en face de ce gros banc, alors ce gros banc, je vois pas de lichen, donc je me dis c'est peut être du calcaire mais c'est pas forcément du calcaire hein » RC-N101
>
> « disons que l'absence de preuve n'est ce pas n'est pas une preuve » RC-N102
>
> « voilà je vais le mettre ici [*test à l'acide*], bon ben ça fait pas beaucoup effervescence, si un petit peu » RC-N103
>
> « ça fait un petit peu effervescence, je vais le mettre là » RC-N104
>
> « là ça fait pas mal effervescence, on le voit » RC-N105
>
> « donc ça dépend des endroits mais globalement c'est un roche qui est tout à fait calcaire » RC-N106
>
> « voyez, tout le monde voit ? » RC-N107
>
> « donc ça c'est une roche calcaire, donc là on a un gros banc calcaire » RC-N108

Avec cet exemple de raisonnement HD, nous montrons qu'il y a dans un tel test à l'acide une approche d'expertise. RC procède à un test qui relève de l'expertise de terrain : cette roche est-elle calcaire ou non ? L'hypothèse que cette roche est calcaire est ensuite validée par le test. La construction de l'indice « roche calcaire » est donc une déduction issue de ce test. De ce point de vue, la démarche HD semble effectivement essentielle à la construction des objets géologiques comme « indices de terrain ». L'indice à lui seul ne produit pas d'histoire.

Il semblerait donc que, dans le discours de RC, soit mis en œuvre une méthodologie spécifique à la démarche de terrain et qui se construit sur une articulation de l'abduction et de la déduction. La démarche HD serait ainsi destinée à construire les objets du registre empirique. La démarche abductive serait quant à elle utilisée pour construire l'histoire. Notre hypothèse selon laquelle les événements géologiques se construisent d'abord comme des phénomènes trouve ici un premier niveau de validation. La construction de l'histoire n'est donc possible que dans un cadre phénoménologique qui donne sens aux indices. Hors de ce cadre, les objets « ne parlent pas », ou pour le dire sous une autre forme « ne disent rien de sensé ».

Il ressort donc de cette première analyse des raisonnements utilisés par les médiateurs que le raisonnement hypothético-déductif (HD) prédomine dans le discours. Deux raisons semblent expliquer cet usage. Tout d'abord, il apparait que c'est le besoin de donner une certaine scientificité au discours qui pousse le médiateur à utiliser ce mode de raisonnement. Hypothèse et déduction sont des éléments d'une méthodologie associés assez systématiquement à la science. Nous pensons qu'une telle utilisation permet au médiateur de travailler la forme de son discours, afin de captiver son public (situation Dibona-TG). Les participants repèrent ainsi dans le discours les éléments qui, selon eux, caractérisent une démarche scientifique. En ce sens, nous pouvons imaginer que le médiateur use de tels « *éléments de langage* » comme des incontournables du discours scientifique. Dans le cas contraire, le discours

risque d'être considéré par le public comme insuffisamment étayé scientifiquement. La démarche HD serait donc un élément important afin de se prémunir de cette carence supposée du discours.

Mais nous avons pu montrer également que la démarche HD est aussi une nécessité dans le déroulement de l'enquête de terrain (situation Fournel-RC). Elle permet une approche d'expertise du terrain, en mobilisant un cadre théorique (et son cadre méthodologique associé), et conduit ainsi à construire les objets géologiques de terrain comme des indices porteurs de sens. C'est à partir de ce sens « *géologique* » associé aux objets de terrain que l'histoire géologique peut se construire. La démarche HD apparait donc comme une étape essentielle de confrontation à un registre empirique en construction.

Cependant, il ressort également de ces résultats que cette démarche HD tend à mobiliser un cadre fonctionnaliste duquel l'histoire géologique a du mal à naître. C'est en quelque sorte une focalisation sur les « *process* » qui ferait obstacle à la construction de l'histoire géologique.

6.2.2 Une focalisation sur les process vs pattern

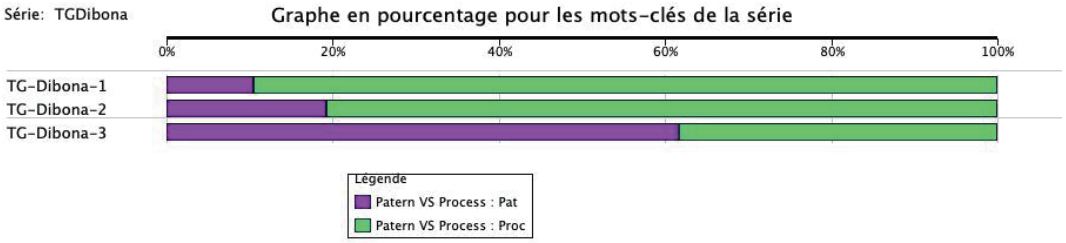
De façon concomitante avec une démarche HD prédominante, il apparait dans le discours des médiateurs un recours préférentiel aux *process* pour Dibona-TG et aux *pattern* pour Fournel-RC. Rappelons brièvement ce que nous entendons par ces deux termes. Par *process*, sont désignés les processus qui sont analysés dans l'objectif de fournir une explication à un problème fonctionnaliste. Par *pattern* sont désignés les structures pour lesquelles une histoire doit être reconstituée dans le cadre d'un problème historique (Paulin, 2015).

Pour mettre en évidence cette forme de dichotomie apparente dans la construction des explications des médiateurs, nous avons procédé à une recherche par indicateurs (Proc et Pat, dans le critère Pattern vs Process – voir 9.3.3 page 585). Cette recherche nous a permis de mesurer la fréquence des modes d'explication utilisés dans les discours. Les résultats sont présentés dans les figures 6.2.3 page suivante et 6.2.4 page suivante.

De tels résultats sont cohérents avec ce que nous avons déjà évoqué à propos de la démarche HD prédominante.

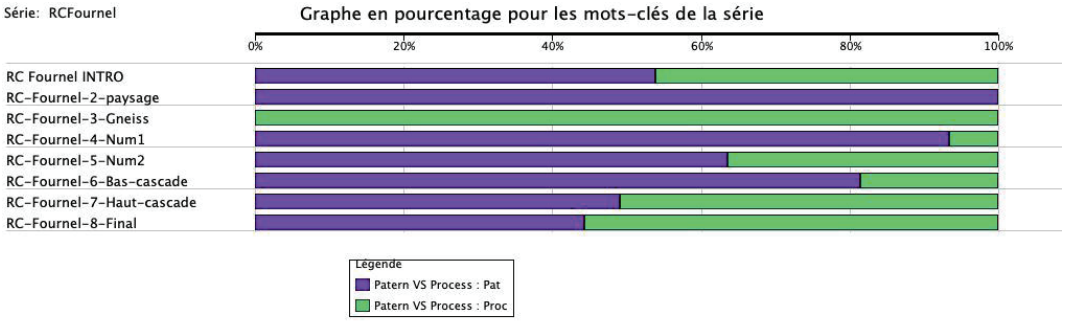
Dans le discours de TG, ce sont les *process* qui prédominent, confirmant le recours à des modèles fonctionnalistes très présents, presque systématiquement mobilisés pour construire des explications de processus géologiques. Leur confrontation avec

FIGURE 6.2.3 – Fréquences relatives du recours aux process vs pattern dans le discours Dibona-TG



(Fréquence moyenne Dibona-TG : Pat = 30 % ; Proc = 70 %)

FIGURE 6.2.4 – Fréquences relatives du recours aux process vs pattern dans le discours Fournel-RC



(Fréquence moyenne Fournel-RC : Pat = 62 % ; Proc = 38 %)

l'empirie n'est qu'exceptionnelle. De ce point de vue, ce sont surtout des phénomènes qui sont convoqués dans les explications : le discours est ainsi assez logiquement « *explicatif* », mais en contre-partie, il met peu en œuvre la démarche historique et construit de ce fait une forme de reconstitution historique à partir d'un modèle théorique.

Dans le discours de RC, la place prise dans le discours par les structures géologiques observables dans le contexte de terrain est importante (62 %). Nous voyons là aussi une cohérence avec la place importante prise par la démarche d'enquête suivie par ce médiateur, que nous avons pu mettre en évidence dans le paragraphe précédent. La confrontation avec l'empirie engagée par la démarche HD qui produit les indices de terrain « *nourrit* » la démarche abductive afin de produire une histoire des structures géologiques du vallon du Fournel.

En conclusion, nous voyons donc que le fonctionnalisme est très présent dans le discours des médiateurs.

- ≻ Il prédomine (situation Dibona-TG) au détriment de la démarche d'enquête qui, de fait, est écartée. L'histoire se construit alors de façon très théorique, sans véritable confrontation avec l'empirie : les process sont les piliers des explications qui prennent la forme de mise en histoire de modèles théoriques pré-établis.
- ≻ Il se présente comme essentiel à une articulation avec la démarche historique. La confrontation avec l'empirie passe par une volonté délibéré semble-t-il de « partir » des structures géologiques observables sur le terrain. Mais nous avons pu montrer également qu'une telle démarche n'est possible que dans la mesure où un cadre théorique consistant a été mis en place comme référentiel de départ.

A ce stade de notre analyse, les premiers éléments d'une conclusion semblent pouvoir être avancés : l'histoire géologique n'émerge pas hors de tout contexte. Notre hypothèse selon laquelle une phénoménologie pré-existe à tout approche de terrain trouve ici quelques éléments de validation, que nous aurons l'occasion de confirmer dans les lignes qui vont suivre.

Mais avant cela, nous souhaitons analyser ce qui nous semble être une conséquence du recours prédominant au fonctionnalisme : les process tendent à mettre à l'écart la recherches des contraintes et des nécessités, ce qui remet en cause l'apodicticité des explications produites.

6.2.3 Les contraintes et nécessités peu présentes

Nous avons montré dans les paragraphes précédents que la focalisation sur les *process* qu'induit la démarche HD tend à faire s'écarter le discours de son objectif de reconstituer une histoire. Mais il nous semble également intéressant de voir ici la portée synthétique que peut avoir la démarche fonctionnaliste. En effet,

expliquer un process, c'est souvent s'appuyer sur un modèle qui en rassemble les éléments les plus saillants, « *ceux qui comptent le plus* » en quelque sorte. En cela, le modèle peut représenter une forme de synthèse de « *ce qui se produit* ». En d'autres termes, expliquer un *process*, c'est faire le résumé de ce qui se passe. Ainsi, comme nous avons pu déjà le dire, l'histoire peut prendre, du fait de ce fonctionnalisme imposant, des allures de « *process raconté* ». Dans ce cas, ce n'est pas une histoire au sens géologique qui est en train d'être racontée. C'est davantage une histoire de sens commun qui est racontée. Nous sommes là dans le *re-raconté*, sur lequel nous aurons l'occasion de revenir.

L'enjeu n'est donc pas tant de raconter ou de re-raconter ; il est plus une question de « comment reconstituer le plus convenablement possible telle histoire géologique ? ». Comment lui donner ce que dans le sens commun on nomme une « *crédibilité* », et que dans nos recherches nous avons désigné par « *apodicticité* ». Il s'agit en effet de construire une histoire qui ne naît pas de rien, et dont les événements s'articulent en cohérence, ce que nous avons défini par la « *configuration des événements* » (Ricœur, 1983). Nous avons émis l'hypothèse que cette configuration des événements passe par une mise en tension des événements le long d'une rétrodiction. Cette démarche que nous considérons comme intégrée à la démarche historique, consiste en une recherche de la nécessité historique des événements, c'est-à-dire la recherche des événements antérieurs nécessaires à l'accomplissement des événements ultérieurs.

Nous avons donc recherché les formes de recherche de la nécessité dans le discours des médiateurs. Le critère utilisé est « Contraintes et Nécessités », pour lequel nous avons mis en place quatre indicateurs :

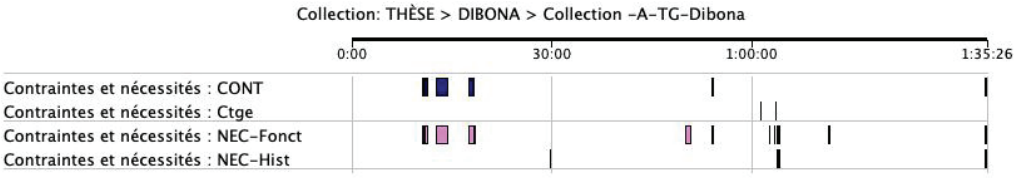
Contraintes empiriques	Contingence	Nécessité fonctionnaliste	Nécessité historique
CONT	Ctge	NEC-Fonct	NEC-Hist

La recherche systématique de ces quatre indicateurs a permis de mesurer leur importance dans le discours des médiateurs. Le nombre d'occurrences de chacun de ces indicateurs est présenté dans les figures 6.2.5 page ci-contre et 6.2.6 page suivante

De tels résultats permettent de montrer deux aspects qui nous paraissent fondamentaux dans ces situations de terrain.

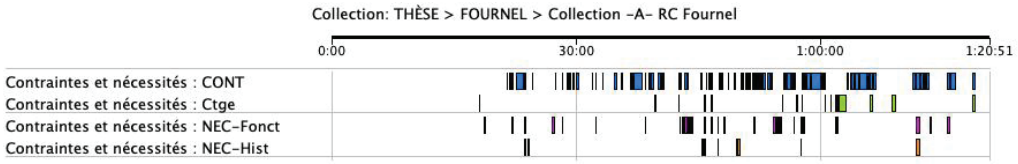
Tout d'abord, nous remarquons le faible nombre d'occurrences des nécessités (Fonctionnalistes et Historiques confondues) dans la situation Dibona-TG. Cela traduit selon nous deux difficultés : la première trouve son origine probablement

FIGURE 6.2.5 – Nombre d'occurrences des indicateurs de Contraintes et Nécessités dans la situation Dibona-TG



(Chaque curseur indique une occurrence de l'indicateur, repéré dans le discours du médiateur. L'épaisseur du curseur correspond à la durée de l'extrait référencé)

FIGURE 6.2.6 – Nombre d'occurrences des indicateurs de Contraintes et Nécessités dans la situation Fournel-RC



(Chaque curseur indique une occurrence de l'indicateur, repéré dans le discours du médiateur. L'épaisseur du curseur correspond à la durée de l'extrait référencé)

dans le fait que les problématisations sont peu construites dans cette situation (il n'a pas été très évident de déterminer les registres mobilisés et surtout les modalités de leur mise en tension). La deuxième est peut être liée à la nature complexe de la mise en tension de ces registres, le travail de terrain rendant délicat le recours au registre théorique. Le choix de TG de construire une grande partie de son discours sur une « *modélisation schématisée* » du déplacement des continents durant les deux dernières orogenèses conduit à une histoire qui « se déroule » sous les yeux du public mais qui trouve peu d'étayage sur le cadre géologique environnant. Le point de départ de l'intervention s'appuyait pourtant sur le granite, qui constitue un élément important du registre empirique de l'endroit. Mais rapidement dans l'intervention les modèles de tectonique globale s'impose et ne laisse plus de place à une investigation de terrain. Deux raisons semblent expliquer ce manque d'investigation de terrain : le froid ayant fait rentrer le groupe à, l'intérieur du refuge, la « *lecture* » de paysage (seul moyen d'appréhender le registre empirique des environs) s'est avéré impossible ; l'autre raison est que l'environnement du refuge n'est fait *que* de granite, il est donc difficile de voir une diversité d'informations dans un unique indice (le registre empirique peu accessible de la Dibona est une explication possible à cette difficile prise de contact avec les indices de terrain).En quelque sorte, TG se retrouve à mener une enquête avec un seul indice, ce qui le pousse à se retrancher dans un champ fortement théorique.

Ensuite, nous voyons que dans la situation Fournel-RC, dans laquelle nous avons décrit une mise en œuvre de la démarche d'enquête (autour d'une articulation des raisonnements abductif et hypothético-déductif), les contraintes empiriques sont très nombreuses dans le discours du médiateur. Il est à noter également que plus le discours progresse et plus il « se charge » de contraintes empiriques, un peu comme si, la randonnée se déroulant, le médiateur accumule les indices de terrain. Et vers la fin de son intervention, ces contraintes diminuent, l'histoire s'étant construite entièrement.

Nous pouvons donc conclure ici que les enjeux didactiques de contraintes et de nécessités des situations de médiation sur le terrain ne sont que partiellement pris en compte.

Le médiateur TG exploite peu le registre empirique, ce qui le conduit à peu mobiliser contraintes et nécessités. Son intervention, en mettant en œuvre une approche fortement fonctionnaliste, s'appuie sur des modèles qu'il fait parler comme des narrateurs, témoin de l'histoire. Mais c'est une histoire « *globale* » qui est en quelque sorte racontée à tour de rôle par chacun des modèles successifs. Nous retrouvons ici la structure en récit encadrés organisés vers la construction d'un récit cadre de la tectonique des plaques (voir 6.1.3 page 350).

Le médiateur RC mobilise beaucoup de contraintes empiriques qu'il met en tension avec les nécessités fonctionnaliste du cadre qu'il a mobilisé dès le début de

son intervention. Le terrain se prête bien semble-t-il à ce mode d'investigation : les terrains sédimentaires, superposés et non-inversés par la tectonique offre une lecture/construction des indices relativement aisée. Mais cette approche naît également de la volonté du médiateur RC de « *faire parler les objets de terrain* » comme il l'a clairement énoncé en début d'intervention.

Conclusion

Nos résultats montrent que le fonctionnalisme est très présent dans le discours des médiateurs, souvent au détriment d'une démarche d'enquête, qui permet de reconstituer une histoire au travers d'un raisonnement abductif. La recherche de scientificité, par un recours à une démarche hypothético déductive emblématique de la science, semble en être une des raisons. Mais ce fonctionnalisme apparait également comme une étape incontournable de la construction des indices de terrain. En mobilisant des *process*, le médiateur construit les indices de terrain au travers d'une phénoménologie qui donne sens aux objets géologiques. De tels indices, pris en charge dans leur temporalité, conduisent ainsi à reconstituer une histoire géologique. La question du temps s'impose donc au médiateur qui doit aller au-delà de la construction fonctionnaliste des indices de terrain. Il s'agit pour lui de prendre en charge le temps dans un récit géologique en construction. C'est ce que nous nous proposons d'analyser maintenant.

6.3 LA DIFFICILE PRISE EN CHARGE DES TEMPS LINÉAIRES

L'une des difficultés majeures rencontrées par les médiateurs est celle de la prise en charge des temps géologiques, et notamment ceux dont dépendent l'histoire géologique : les *temps linéaires*. Nous avons pu montrer dans les paragraphes précédents que le fonctionnalisme avait tendance à s'imposer devant l'approche historique. C'est là l'expression d'un obstacle important de la construction des explications en géologie : le temps constituant une aporie [5], il semble impossible, a priori, de construire des problèmes uniquement autour de la temporalité. La phénoménologie du temps passe donc par une *mise en scène du temps* que nous avons exploré au travers des travaux de (Ricœur, 1983, 1984, 1985). Cette mise en scène du temps prend la forme d'un récit, au sein duquel naissent les événements configurés.

5. Nous rappelons que l'aporie est un contradiction insoluble dans un raisonnement ; elle peut prendre également l'acception d'un problème sans solution.

Dans cette première analyse de la prise en charge du temps par les médiateurs dans leur discours, nous souhaitons montrer que, d'une part, l'aporétique du temps est clairement explicitée par les médiateurs, notamment par des formulations qui montrent l'incapacité de l'humain à « *percevoir* » le temps, et d'autre part sa volonté délibérée de recourir à un *évitement* dès qu'il s'agit de mobiliser le temps. Ces deux points nous conduiront à conclure sur le fait que la mise à l'écart volontaire du temps trouve son origine non seulement dans un usage du fonctionnalisme sur-représenté, mais également dans une crainte de recourir à la mise en récit.

Nous terminerons cette partie par une conclusion sur ces premiers résultats analysés au travers d'une approche globale du discours des médiateurs.

6.3.1 Les formes du temps dans les médiations

Nous avons délibérément évité de rechercher la totalité des occurrences du temps (toutes les formes d'expressions du temps) dans le discours des médiateurs. Il nous a en effet semblé sans intérêt de chercher l'ensemble des explicitations du temps tant les formes implicites du temps nous paraissent prédominantes et délicate à repérer dans le discours.

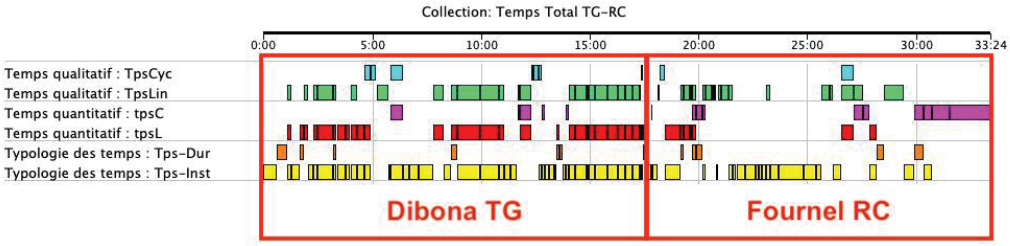
Nous avons analysé les formes du temps mobilisées dans le discours de chaque médiateur en procédant à une recherche par les indicateurs suivants (voir tableau 6.3) :

Table 6.3 – Critères de recherche des formes du temps dans le discours des médiateurs TG et RC et indicateurs associés

Critères	Indicateurs	Codages
Temps qualitatif	Temps cyclique	TpsCyc
	Temps linéaire	TpsLin
Temps quantitatif	Temps court	tpsC
	Temps long	tpsL
Typologie des temps	Durée	Tps-Dur
	Instant	Tps-Inst

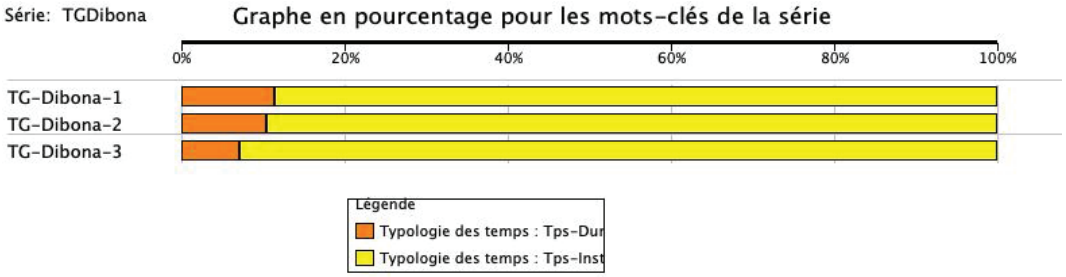
Les résultats de cette recherche sont présentés dans la figure 6.3.1 page ci-contre.

FIGURE 6.3.1 – Les formes du temps dans le discours des médiateurs TG et RC



Une première analyse de ces résultats montre une très nette prédominance de l'occurrence Tps-Inst. Cela traduit un usage important de l'instantanéité dans le discours. Les objets géologiques sont engagés dans une histoire qui est racontée comme une configuration *d'instants*. Cela confirme notre hypothèse selon laquelle la perception des temps se fait principalement par l'intermédiaire d'une *phénoménologie de l'instant*. Nous remarquons d'ailleurs une très faible représentation des temps considérés comme une durée (voir figures 6.3.2 et 6.3.3 page suivante).

FIGURE 6.3.2 – Fréquence relative des occurrences Tps-Dur et Tps-Inst dans le discours de TG



D'autre part, il semble intéressant de noter que le discours des médiateurs s'articule majoritairement autour de trois formes de temps (voir les figures 6.3.4 page suivante et 6.3.5 page suivante): les *temps linéaires* (tpsLin), les *temps longs* (tpsL) et *l'instant* (Tps-Inst).

FIGURE 6.3.3 – Fréquence relative des occurrences Tps-Dur et Tps-Inst dans le discours de RC

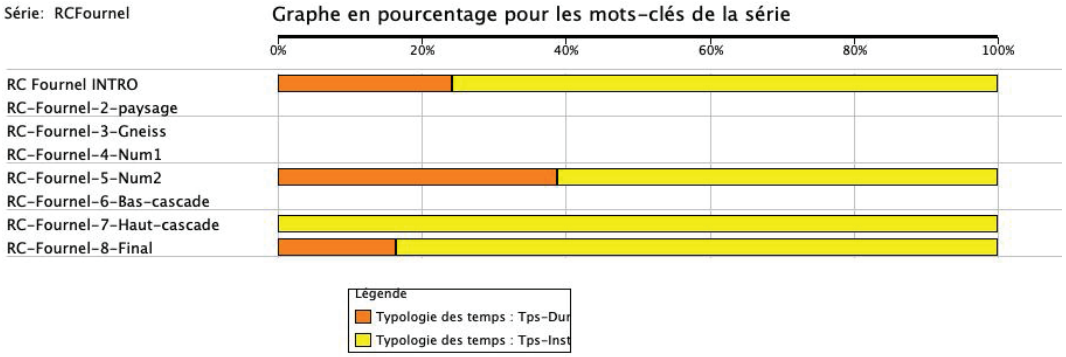
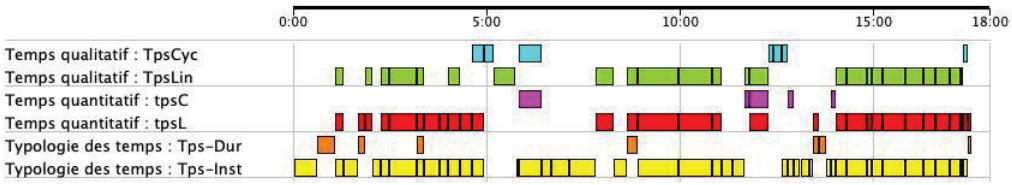
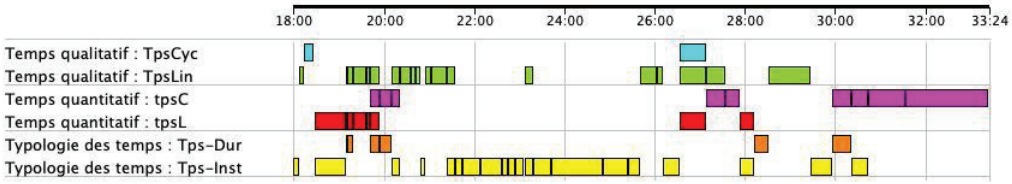


FIGURE 6.3.4 – Les formes du temps dans le discours du médiateur TG



(Le codage des indicateurs est présenté dans le tableau 6.3 page 368)

FIGURE 6.3.5 – Les formes du temps dans le discours du médiateur RC



(Le codage des indicateurs est présenté dans le tableau 6.3 page 368)

Ces trois formes de temps constituent selon nous les trois types de contraintes temporelles qui s'imposent aux situations de géologie de terrain :

- ≻ Contrainte historique : les objets géologiques sont engagés dans un monde en évolution. Si l'on reconstitue la succession des événements qui ont donné naissance aux objets géologiques « visibles » dans le registre empirique, il est nécessaire de les organiser en suivant un directionnalisme méthodologique. Cela se traduit par le recours au *temps linéaire* (Tps-Lin) dans la construction d'un récit qui commence, se déroule et se termine. En ce sens, il est dirigé. Le recours au *temps linéaire* marque la réponse à une telle contrainte.
- ≻ Contrainte géologique : les objets géologiques mobilisés dans les reconstitutions historiques n'évoluent pas dans les temps humains (temps courts) mais dans les *temps longs*. Même si l'histoire est « compressée » dans un récit qui compose avec les temps humains, les temps longs s'avèrent être nécessaires pour que se produisent les phénomènes géologiques inclus dans l'histoire.
- ≻ Contraintes perceptives : les obstacles à la perception du temps oblige le médiateur à user de la phénoménologie « habituelle » du temps. C'est par l'instant que l'humain se donne la possibilité de percevoir le temps. L'histoire géologique se construit donc autour d'une configuration des instants géologiques mobilisés par le médiateur.

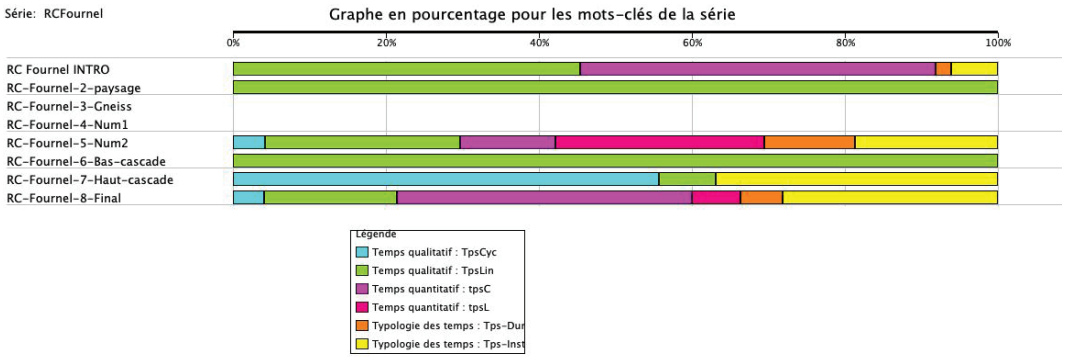
A coté de ces trois formes de temps, les *temps cycliques* (TpsCyc) sont peu représentés. Cette forme correspond au temps des phénomènes : or nous avons dit que le fonctionnalisme qui convoque les phénomènes dans ses explications impose au raisonnement que le temps soit mis de coté. C'est cette forme de temps cyclique, qui « préside » aux phénomènes, qui est donc écartée et/ou considérée comme une simple variable. Nous analysons plus en détail cette dimension dans le paragraphe suivant (voir 6.3.3 page 378).

Enfin, la faible représentation des temps court doit nous interpeler. Si l'on s'appuie sur les résultats de la fréquence relative des occurrences des formes du temps chez chacun des deux médiateurs (voir figures 6.3.6 page suivante), nous remarquons que les temps courts (tpsC) sont employés à hauteur de 14 % dans la situation RC, et 4,5 % dans la situation TG. Une telle sous-utilisation des temps courts dans le discours relève très probablement d'une volonté des médiateurs d'écarter les temps humains de l'histoire géologique.

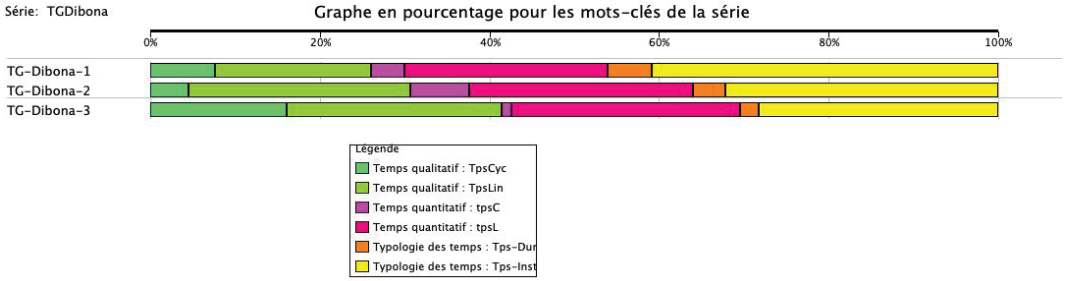
A ce titre il est intéressant de voir dans quels contextes les temps courts sont utilisés.

Dans la situation RC, les temps courts sont utilisés dans cinq contextes différents que nous pouvons repérer dans les citations suivantes.

FIGURE 6.3.6 – Fréquence relative des occurrences des formes du temps dans le discours des médiateurs



(a) Fréquence relative des occurrences des formes du temps dans le discours de RC



(b) Fréquence relative des occurrences des formes du temps dans le discours de TG
(Le codage des indicateurs est présenté dans le tableau 6.3 page 368)

Les temps courts mobilisés dans un résumé :

« ce manteau se met à fondre et il fabrique un océan » RC-I89

Les temps courts permettant de dresser une synthèse :

« c'est celui-ci qui a été recouvert, charrié, par ce qui venait de l'est » RC-F98

« ça vient de l'est » RC-F99

« c'est le briançonnais qui vient » RC-F100

« le briançonnais au sens géologique du terme vient , il pousse , il pousse et il rabote, il rencontre, il écrase, il déforme ce qui est devant lui » RC-F101

« ce qui est devant lui c'est ça » RC-F102

« c'est cet ancien bassin avec les calcaires, les marnes, et les flyschs » RC-F103

« et puis ça vous déforme tout ça » RC-F104

« voilà on est , et ça vous fait la chaine de montagne » RC-F105

« ça participe à la formation de la chaine de montagne » RC-F106

Les temps courts utilisés comme temps humains dans un micro-récit. Ce micro-récit constitue un récit historique (au sens d'une histoire des humains) et mobilise assez naturellement des temps humains :

« il y a un mois de ça, l'académie des sciences de Pekin a financé un projet avec l'université de Grenoble » RC-F151

« pour faire une étude par des séismes, par l'enregistrement des séismes, de Bollène à Turin, ilsont mis des balises, tous les 10km » RC-F152

« pour essayer de savoir, pour faire une radiographie du globe en profondeur » RC-F153

Les temps courts sont impliqués dans une modélisation, une forme d'« expérience in situ ». Les temps longs longs géologiques sont transformés en des temps courts humains (la déformation du short a duré quelques secondes : voir la photo associée aux citations) :

« et bien regardez ce que je vais faire avec mon short » RC-F42

« si je fais avancer un objet, ...regardez ce que vont faire les plis » RC-F43

« regardez le pli, flanc long, flanc court, flanc long » RC-F44

Enfin les temps courts sont ceux utilisés dans des formes d'anthropomorphisme que nous avons mis en évidence par nos indicateurs « Anim » (critère « Analogies » voir 9.3.3 page 585). Il y a dans ce cas une sorte d'« *animisation* » des objets géologiques qui sont dès lors placés dans un contexte anthropocentré propice aux temps courts humains (ici RC fait parler les nummulites, fossiles du Teriaire, qui se déposent dans des bassins sédimentaires peu profonds — ce qui constitue une information importante pour le géologue de terrain) :

> « et ces nummulites nous disent : pas profond » RC-N249
>
> « et en plus elles nous disent : oui mais à un moment donné, y quelqu'un qui m'a marché dessus, et oui parce qu'elles sont un petit peu écrasées » RC-N250

Dans la situation TG, les temps courts sont utilisés, et cela est une conclusion qui n'est pas anodine, à peu près de la même manière que dans la situation RC.

Nous pouvons citer deux contextes représentatifs de l'usage des temps courts :

Les temps courts sont utilisés par le médiateur TG pour « résumer », pour compresser les temps longs géologiques.

> « là je vais aller assez vite parce que finalement, l'histoire que je vais raconter, c'est l'histoire qui va propulser la Dibona à 3000m » TG-FrPa5

En procédant ainsi, le médiateur construit de la durée par prétérition : en montrant qu'il veut s'affranchir d'une durée géologique démesurée, il pousse son public à se faire une idée de cette durée.

Les temps courts sont également utilisés pour modéliser, par des expériences de pensée, des processus géologiques qui dans la réalité sont très lents. Les temps courts sont alors ceux de l'expérience : analogie « isostasie » avec les glaçons, et analogie « convection » avec les pompes à air utilisées en parapente.

> « par exemple on va prendre un glaçon, d'accord, et puis vous prenez un deuxième glaçon, tous les deux flottent sur l'eau, les continents flottent sur quelque chose qui n'est pas liquide, on l'a déjà dit, mais qui est plastique, qui est le manteau, et puis vous prenez votre glaçon et vous allez le faire passer sous le premier, comme un continent qui passe sous un autre continent , et quand le système se bloque, quand vous lâcher le glaçon que vous avez mis par dessous, qu'est-ce qui va se passer ? » TG-Th31

> « si y en a qu'ont fait du parapente, une pompe c'est de l'air chaud qui vous propulse très haut et vous redescendez avec l'air froid » TG-FrPa11
>
> « donc finalement les géologues n'ont rien inventer dans le manteau terrestre, il se passe la même chose qu'il se passe dans l'atmosphère ou même dans l'eau des océans » TG-FrPa12

De nombreuses citations trop ambiguës quant à la forme de temps mobilisée n'ont pas été sélectionnées. Ainsi, à titre d'exemple, une phrase comme celle présentée ci-dessous n'a pu être sélectionnée du fait qu'il ne nous a pas été possible de trancher entre temps longs et temps courts. Nous sommes là indéniablement dans les temps courts du modèle explicatif ; mais ce modèle est pourtant destiné à reconstituer des mouvements de plaques, qui se produisent sur des temps longs. Le choix de s'en tenir au temps du modèle plutôt qu'au temps ce qu'il modélise est une question importante sur laquelle nous reviendront.

> « l'Afrique va se disloquer sur toute sa partie E et toute sa partie N , à ce moment là » TG-F-Oa8

En conclusion, les formes de temps mises en œuvre dans les médiations de terrain sont fortement dépendantes des objets de savoir géologique auxquelles elles se rattachent. La diversité des usages du temps montrent la nécessité pour le médiateur de répondre à des contraintes variées. Il s'agit de reconstituer une histoire d'un monde en évolution (contrainte de directionnalisme), une évolution lente (contrainte de temps longs géologiques nécessitant de construire de la durée), tout en prenant en compte les difficultés du public de percevoir le temps (obstacle de l'instantanéité de perception du temps). Le recours aux temps cycliques ne semble pas répondre à de telles contraintes car ils sont très peu utilisés. Il est fort possible que cela soit dû au besoin d'écarter la temporalité dans la construction des phénomènes géologiques. Enfin, les temps courts sont assez peu utilisés mais montrent des usages propres à la communication scientifique : réduction des temps longs en durées courtes par compression des temps longs.

De telles prises en charge des temps dans les médiations ne doivent cependant pas cacher la difficulté première qui s'impose à toutes les situations de géologie historique : la perception du temps. Les médiateurs montrent d'ailleurs explicitement dans leur discours que le temps n'est pas une variable comme les autres. Pour cette raison nous souhaitons maintenant évoquer comment ces médiateurs procèdent quand ils expriment l'aporétique du temps.

6.3.2 Expression de l'aporétique du temps

Nous avons recherché les formes (même si elles étaient parfois très implicites) que prenaient les expressions de l'*aporétique* du temps. Ainsi, en recherchant comment les médiateurs prennent en charge *l'obstacle* lié à la perception du temps, nous avons pu trouver une origine possible aux difficultés associées à la mise en récit et à la configuration des événements géologiques. Nous avons pu également mettre en évidence que l'obstacle « *aporétique du temps* » conduisait les médiateurs à mettre de côté le temps, mais pour une raison qui n'est pas celle des scientifiques. Il y aurait ainsi, dans l'acte même de communication, une façon d'écarter le temps

qui serait liée aux événements racontés, et qui correspondrait à la production du discours lui-même.

Mettre en évidence une prise en charge de l'aporétique du temps par les médiateurs n'a pas été aisé. Comment mettre en évidence que le médiateur prend conscience, et l'explicite à son public, de l'impossibilité de la perception du temps ? Nous avons pu trouver, notamment par l'intermédiaire de nos indicateurs « temps longs » (tpsL), « durée » (Tps-Dur) et « Méta » (MDidac et MDisc) –voir 9.3.3 page 585– des éléments de langage qui traduisent une prise en compte de cette difficulté perceptive.

Ainsi dans la situation Dibona le médiateur TG présente la méthode radio-chronologique suivie par les géologues pour dater les roches magmatiques :

> « donc le géologue , qu'est-ce qu'il va mesurer aujourd'hui, il va mesurer le taux de l' élément radioactif par rapport à son produit de désintégration et comme il sait combien de temps il faut pour que telle quantité soit dégradée , après, bon c'est une version très très simpliste que je vous donne, il peut savoir à quel moment, dans l'élément il n'y a pas encore eu de désintégration » TG-R19

Cela le conduit à donner un âge pour le granite de la Dibona, en précisant que ces données ne sont pas précises (il ne donne pas de détails sur le fait que cela est dû à la méthodologie qui n'a pas pu donner de valeurs plus précises) :

> « et si on fait ça, on va remonter, bon c'est pas très précis pour le granite ici, mais on a des granites qui se situent entre -320 et -280 ma » TG-R20

Enfin, pour conclure cette information, TG a recours à une formulation « méta » pour signaler la difficulté de percevoir les durées des temps géologiques.

> « bon ces chiffres vous disent peut être pas grand chose, rassurez vous à personne, personne est capable de quantifier dans sa tête des millions d'années » TG-R21
> « d'accord, on joue sur le chiffre » TG-R22

Il nous semble important de noter que ce sont les durées qui sont ici considérées comme inaccessibles à la perception humaine. Cet exemple montre donc une prise en charge partielle de l'obstacle temps longs dans sa dimension « construction de la durée ». Elle est partielle car le médiateur ne fait ici que de mentionner cette difficulté sans aller au-delà. Il ne propose pas à son public de se faire une idée plus précise de ces temps longs géologiques. Cela semble cohérent avec son propos qui ne cherche pas vouloir creuser la temporalité au-delà de la simple « databilité » des granites.

Dans la situation Fournel, RC aborde, pour la première fois dans son intervention, un aspect important de la géologie du vallon du Fournel : le seconaire étant absent, les terrains du tertiaire reposent directement sur le socle. Pour positionner temporellement ce socle par rapport aux terrains sus-jacents, RC utilise cette formulation :

```
« voilà donc c'est une indication intéressante » RC-N215
« sur le socle » RC-N216
« alors le socle lui, il est , ...il a pas d'âge, il est vieux » RC-N217
« il est de l'ère primaire » RC-N218
```

Une telle formulation « *il a pas d'âge, il est vieux* » traduit selon nous trois positionnements possibles du médiateur :

- l'*âge du socle est écarté* car il ne fait pas partie des préoccupation du moment. Lors de cet arrêt devant « le gros banc calcaire » (c'est le banc de calcaire à nummulites), il s'agit pour RC de montrer qu'un bassin de sédimentation peu profond s'est mis en place au début du tertiaire ; une telle reconstitution paléo-géographique étant rendue possible par mise en œuvre de l'actualisme d'analogie. Le socle n'est donc pas un acteur important de cette situation. Il ne fait pas ici vraiment partie de l'histoire. Nous pensons donc que c'est une façon pour le médiateur de dire que le socle n'est pas important à ce stade de son investigation.
- L'*âge du socle est inaccessible*, il est « trop » vieux. Pour cette raison, RC serait amené à faire considérer que cet âge est hors du champ d'investigation de la géologie. Cependant, RC, probablement parce qu'il ne peut laisser son public dans une incertitude vi-à-vis de l'âge du socle, termine sa phrase par *« il est du primaire »*, comme pour enlever immédiatement le doute sur cet écartement volontairement du temps.
- *Ce n'est pas l'âge du socle qui compte* ici, mais sa position par rapport aux autres niveaux. RC voudrait dans ce cas montrer que l'âge en lui-même (le chiffre que l'on mettrait devant « millions d'années ») n'a que peu d'importance au regard de ce que la position relative des terrains apporte dans l'investigation. Ce qui compte ici, c'est que le socle, étant plus vieux, est situé *dessous* les autres terrains (principe de superposition, non explicité ici par le médiateur, mais il y reviendra plus tard) ; il sert ainsi de support aux terrains sus-jacents (terrains sédimentaires du nummulitique). Le médiateur RC, en écartant de cette manière la dimension temporelle du socle, conduit son public à se focaliser sur l'aspect relatif de la chronologie des terrains. Il montre qu'il est inutile de cherche une « *datation* » (que l'on qualifie en géologie de datation relative[6]) : la temporalité du socle se construit sur son

6. Mais que nous avons désigné par « *datation* » dans nos recherches, afin de l'opposer à l'« *historialité* ». Voir pour une explicitation des indicateurs la partie 6 Méthodologie.

> historialité. Cette petite phrase est donc fortement porteuse de sens car elle signale implicitement que l'histoire en cours de construction ne se met pas en place par des successions de dates, mais par des articulations d'événements reconstitués au sein d'un récit géologique.

Mais, il est fortement possible également, que cette façon qu'a le médiateur RC d'écarter le temps de son investigation, correspond à sa volonté de s'intéresser principalement aux processus géologiques, ce que nous avons déjà analysé comme une focalisation sur les *process* (voir 6.2.2 page 361). Il n'en reste pas moins que le médiateur, en procédant ainsi, engage vers la construction historique de ces terrains géologiques : il écarte symboliquement la « databilité » des roches pour s'en tenir à leur « historialité », c'est-à-dire leur insertion dans une histoire qu'il tente de reconstituer.

En conclusion, le fait que le temps relève d'une aporétique n'est que peu pris en compte par les médiateurs. Ils s'y confrontent mais ne l'explicitent pas. Quand l'obstacle se présente, ils recourent à une stratégie discursive qui consiste à écarter la question de la quantification du temps dans sa dimension perceptive.

6.3.3 Le temps « évité »

Nous avons déjà évoqué précédemment le fait que les médiateurs écartent le temps de leur discours pour des raisons diverses que nous avons envisagées. Nous souhaitons ici revenir sur l'une d'elles, qui nous parait la plus pertinente et qui fait le lien avec nos considérations sur le fonctionnalisme présentées dans la partie 6.2 page 354. Il apparait en effet assez nettement que ce fonctionnalisme, qui tend à se préoccuper des process au détriment de l'histoire des structures (*pattern*) géologiques, met de coté le temps. La construction des explications n'ignore pas le temps, mais elle l'utilise comme une variable banale, qui entre en jeu comme n'importe quelle autre variable. Sans chercher à faire une analyse quantitative de ces recours à une « *variable temps banale* », nous souhaitons montrer dans ces lignes que les préoccupations fonctionnalistes conduisent à faire baisser la « tension historique » liée à la mise en œuvre d'une *variable temps linéaire forte*. Nous entendons par là une mise en tension des événements le long des temps linéaires, qui fait jouer *l'antériorité* comme une *contrainte théorique*.

Dans les deux situations que nous avons étudiées, le recours à des modèles fonctionnalistes mobilise faiblement le temps. Généralement, ce sont des temps cycliques qui sont associés à ces modèles, mais ils sont trop implicites pour que nous puissions les mettre en évidence. Ils sont en quelque sorte trop internes au modèle pour que nous puissions les déceler par une simple lecture. De plus, et pour être plus précis, au lieu de parler de temps écarté, comme nous avons pu le faire dans les parties précédentes, il serait préférable d'utiliser le terme de temps « *évité* ». Les médiateurs trouvent en effet selon nous un moyen d'éviter de mobiliser le

temps dans leurs explications. Cet évitement procède de deux approches que nous qualifions de « pragmatiques » [7], au sens où elles semblent répondre *a priori* bien aux situations, mais en réalité laissent de coté les contraintes de temporalité :

- *pragmatisme fonctionnaliste* : comme nous l'avons expliqué, s'en tenir au process permet de reconstituer la dimension mécaniste d'un événement. Il s'agit dans ce cas de ne pas le traiter comme un événement, qui obligerait à mobiliser de la temporalité, mais de l'analyser dans sa dimension phénoménologique. Le process reste alors un phénomène générique, pareil à d'autres. Il ne s'insère pas dans la temporalité, dans un « *hic et nunc* » qui en ferait un événement unique.
- *pragmatisme d'affaiblissement de la contrainte d'antériorité* : en ne posant pas la linéarité comme une contrainte forte, le médiateur tend à limiter la tension que les événements s'imposent entre eux. Dans le sens chronologique, chaque événement survenu (= accompli) ferme partiellement le champ des possibles (tout n'est désormais plus possible du fait des événements passés, le futur est « contraint »). Dans le sens anti-chronologique, les événements se construisent comme nécessaires et contingents. Au delà de la phénoménologie qui permet de comprendre le possible et le probable « événementiel », la contrainte d'antériorité impose la nécessité historique, celle qui fait qu'un événement ne peut pas se produire avant un autre qui lui est nécessaire. Pour reprendre l'exemple que nous avions pris en cadre théorique, des traces de pas dans la neige ne peuvent devenir un événement qu'à la condition qu'il aie neigé auparavant. La contrainte d'antériorité est donc selon nous un indicateur fort de la prise en compte du temps dans une reconstitution de l'histoire géologique.

Nous avons donc, pour mettre en évidence un tel « évitement du temps », procédé à une recherche de deux catégories d'indicateurs susceptibles de nous fournir des citations de *« recours au fonctionnalisme »* ou d'*« affaiblissement des contraintes d'antériorité »*. Ces indicateurs sont présentés dans le tableau 6.4 page suivante.

L'analyse des résultats « quantitatifs » [8] obtenus nous ont fournis peu d'informations ; le « nuage » de mots-clés est en effet peu accessible à une analyse. Il a donc été nécessaire de pousser plus loin la production de ces résultats. Nous avons donc utilisé des opérateurs booléens de recherche de mots-clés afin de sélectionner des parties de discours répondant à notre recherche.

Nous avons par exemple affiner notre recherche des processus d'antériorité par

7. Nous utilisons ici le terme pragmatique au sens de Bachelard, qui le définit comme un utilitarisme. Il semble répondre « en surface » au problème. En fait il se pose comme une assertion non fondée en raison et donc ne permet pas de construire l'apodicticité d'un savoir.

8. Répartition des mots-clés le long du discours des médiateurs. Une telle présentation n'est pas réellement quantitative mais permet de mesurer, même si ce n'est que partiellement, les utilisations du fonctionnalisme et de l'antériorité dans le discours.

TABLE 6.4 – Indicateurs de fonctionnalisme et d'antériorité

Fonctionnalisme		**Antériorité**	
Indicateurs	*Codages*	*Indicateurs*	*Codages*
Process	Proc	Activité de retour en arrière (remontée du temps)	Ret
Problématisation fonctionnaliste	PB-Fonct	Antériorité	Ant
Raisonnement hypothético-déductif	HD	Contingence	Ctge
Registre du modèle	RM	Nécessité historique	NEC-Hist
Registre empirique	RE	Organisation temporelle	Org-Temp
Rupture nomologique	Rupt-Nom	Pattern	Pat
Tension entre faits et idées	TFI	Problématisation historique	PB-Hist
Contraintes empiriques	CONT	Abduction	Abd
Nécessités fonctionnalistes	NEC-Fonct	Rupture historique	Rupt-Hist
Phénomènes	Phe	Événements	EVT

l'opération « Ant1 » :

```
Ant and EVT
```

Une telle opération nous a permis de trouver des passages qui révélaient une mobilisation conjointe de l'antériorité ET des événements. A l'inverse, nous avons pu mettre en évidence les passages de discours qui « excluaient » de tels recours. Ainsi, l'opération « Ant2 » :

```
EVT not Ant
```

a permis de montrer la façon dont le médiateur construit une histoire géologique en organisant des événements mais sans faire appel à une recherche de l'antériorité (mise en œuvre de l'opérateur booléen « not » –que l'on traduit généralement par sauf–).

Voyons quelqu'uns des passages les plus caractéristiques que nous avons pu extraire des ces opérations booléennes.

L'opération « Ant1 » ne donne qu'un seul résultat dans la situation Dibona-TG et deux dans la situation Fournel-RC :

Ant1—(Ant and EVT) — Dibona-TG ; le médiateur confronte l'âge du granite de la Dibona avec celui de l'histoire géologique des Alpes :

```
« donc il faut chercher une histoire bien plus ancienne, puisque les
   Alpes ici, se sont formées je dirais principalement durant l'ère
   tertiaire, c'est à dire il y a un peu moins de 60 ma » TG-Th3
```

Ant1—(Ant and EVT) — Fournel-RC ; le médiateur RC positionne les schistes à globigérines par rapport au calcaire à nummulites :

```
« et qui sont en dessus, donc ils sont ...plus vieux ou plus récents ? »
    RC-BC11
« plus récents ! »RC-BC12
« puisque les géologues sont des gens frustes, capables d'utiliser les
    ordinateurs, mais aussi appliquant des principes simples » RC-BC13
« en disant lorsqu'on a des terrains déposés les uns en dessus des
    autres, il est logique de penser que les plus anciens sont dessous,
    ils se sont déposé les premiers » RC-BC14
« et les plus récents sont dessus » RC-BC15
```

Ces exemples montrent ainsi que le recours à une temporalité ne se fait pratiquement pas dans le cadre d'une démarche historique. C'est pourtant grâce à elle que se mettent en place les événements, dans les processus que nous avons désignés par « *intra-temporalité* » et « *historialité* ». Ils ne sont pourtant ici pas utilisés.

Afin de préciser nos conclusions, nous avons confirmé de tels résultats en recherchant les occurrences d'événements qui ne sont pas associés à une recherche d'antériorité. Ils sont très nombreux et traduisent le fait que la construction de l'histoire géologique mobilise principalement des événements assertoriques (événements posés comme assertions au sein d'une succession mais n'ayant pas de lien de nécessité avec les autres événements de la succession.

Les exemples que nous citons montrent les rares événements qui sont associés à une recherche de l'antériorité.

- Pour l'exemple Ant1—(Ant and Abd) — Dibona-TG la nécessité repose principalement sur la databilité des événements géologiques : ici, l'âge du granite (environ 310 MA) conduit le médiateur à aller chercher plus loin dans le passé un événement antérieur à la formation des Alpes. Dans ce cas, le médiateur TG procède en enquêteur : une fois les phénomènes mis en évidence (ici le magmatisme à l'origine du pluton granitique des Étages) il faut ordonner dans le temps les événements de l'histoire géologique.
- Pour l'exemple Ant1—(Ant and Abd) — Fournel-RC la mise en œuvre de l'antériorité est différente. Elle se fait par une sorte de détour méthodologique qui mobilise le principe de superposition (qui est à l'espace ce que l'antériorité est au temps) : « *lorsqu'on a des terrains déposés les uns en dessus des autres, il est logique de penser que les plus anciens sont dessous* » [...] RC-BC14. Le médiateur RC délègue à ce principe le fait qu'il faille dans le cas présent ordonner l'événement « formation des schistes à globigérines » par rapport à l'événement « formation des calcaire à nummulites ». La nécessité qui lie les deux événements se construit ici du fait que le principe de superposition *est* un principe d'antériorité [9].

9. Nous comprenons ici que le principe de superposition s'applique à une *ontologie* des

Cependant, à l'exclusion de ces deux exemples que nous avons détaillés, il n'a pas été possible pour nous de mettre en évidence davantage de construction d'événements géologiques sur des antériorités clairement explicitées.

Nous mettons ainsi en évidence une forme d'évitement de la question du temps dans les reconstitutions historiques qui se mettent en œuvre dans de telles situations de terrain. C'est un peu comme si le temps ne faisait pas vraiment partie du problème de la reconstitution historique. Il est certes présent, notamment dans les approches fonctionnalistes qui construisent les phénomènes géologiques, mais il n'y représente qu'une simple variable n'ayant pas de statut particulier au regard de la construction historique.

Conclusion : une difficile prise en charge des temps linéaires

Nos résultats montrent donc que les temps linéaires sont difficilement pris en charge par les médiateurs dans les deux situations de terrain que nous avons analysées. Cependant, une telle conclusion traduit probablement un choix délibéré des médiateurs de ne prendre en charge les temps que dans leur dimension cyclique, bien contrainte par un cadre fonctionnaliste et qui met en jeu un modèle géologique maitrisé et adaptable à toutes situations de terrain. La connaissance du magmatisme « en général » (comme phénomène) rend semble-t-il possibles les explications géologiques sur l'existence d'une telle aiguille Dibona. Mais en revanche, elle n'ouvre pas sur une véritable connaissance de l'histoire géologique de cette aiguille.

Ainsi, parmi les diverses formes de temps mobilisées par les médiateurs, le temps cyclique est fortement représenté, tout en étant peu questionné dans ses usages. Il est utilisé sans forcément être inséré véritablement dans les problématisations.

Cependant, le fait que le temps soit une variable délicate à prendre en charge dans des explications, qu'elles soient fonctionnalistes ou historiques, est assez souvent évoqué par les médiateurs qui expriment ainsi l'aporétique du temps, qui ne concerne pas directement l'histoire géologique, mais qui la met en scène, en montrant à quel point l'humain fait face à un obstacle dans ses rapports au temps, d'autant plus que ces temps ne sont pas des temps vécus.

Enfin, et cela semble être la conséquence des points précédents, les médiateurs procèdent dans de nombreuses situations à une forme d'*évitement du temps*. Cela parait cohérent avec l'approche fonctionnaliste, très utilisée, qui écarte cette variable de la construction de nombreux phénomènes géologiques. Mais cela est aussi selon nous lié à des mises en récit trop discrètes, et nous allons jusqu'à dire : « trop timides ».

événements à la différence du principe d'antériorité qui relève lui de *l'épistémologie,* associée aux temps linéaires de l'histoire construite au sein d'un registre théorique.

CONCLUSION

En conclusion, nous avons montré dans cette première analyse de nos résultats que les médiations présentent trois caractéristiques fondamentales du point de vue de la mise en récit qui s'y joue dans l'objectif de reconstitution d'une histoire géologique.

En premier lieu, la médiation ne se présente pas véritablement comme un récit qui est raconté par un narrateur face à un public. En ce sens, le médiateur ne se présente pas comme un narrateur. Cela semble lié à deux raisons bien différentes dans les situations que nous avons étudiées. L'une (Dibona-TG) écarte le recours au récit pour s'en tenir à des explications qui mobilisent un important volume de connaissances scientifiques. La mobilisation d'un tel volume de données scientifiques nous parait participer à un besoin de montrer de la science, dont le public est considéré comme avide. L'autre (Fournel-RC) procède à une narration indirecte qui sous-traite en quelques sortes la narration aux objets géologiques. Ceux-ci sont considérés comme des témoins d'une histoire que le médiateur tente de reconstituer. Une telle narration indirecte participe fortement selon nous à construire une posture de médiateur à RC qui se positionne comme en retrait par rapport aux objets géologiques qu'il mobilise.

Deuxièmement, le fonctionnalisme très présent dans le discours des médiateurs caractérise d'après nous deux aspects essentiels de la médiation de terrain. Tout d'abord, ce fonctionnalisme semble dépendre d'un besoin important pour les médiateurs (notamment TG) de répondre aux « standards » de l'explication scientifique, ce que nous considérons comme des formes caricaturées de la méthodologie scientifique : des processus, analysés comme des phénomènes génériques hors du temps, selon une approche hypothético-déductive qui s'appuie sur un modèle (que l'on qualifie dès lors de fonctionnaliste). Une telle démarche conduit à la production d'une histoire générique, une histoire issue d'un modèle. Le registre empirique est peu présent, ou bien très peu montré comme source de contraintes sur le modèle théorique. Or si le modèle théorique de référence n'est pas contraint par l'empirie, l'histoire qui se construit prend la forme d'une histoire « inventée » : c'est une *fiction*, au sens commun du terme. Elle est déconnectée du réel. Mais si nous considérons la fiction comme une alternative au réel, elle est capable de

répondre aux contraintes d'une construction historique en appui sur l'empirie. C'est ce que nous aurons l'occasion d'analyser en détail dans la partie 9 page 453. Ensuite, le fonctionnalisme se présente également dans les médiations sous la forme d'« *explications-solutions* » qui prennent des allures de chronotropes. Ce sont des explications qui, d'une certaine façon, « font fonctionner le modèle », un peu comme une machine. Raconter revient alors à démarrer le process, le faire fonctionner jusqu'à obtenir un résultat, qui est un état du système à un moment donné. Une telle forme d'explication ne construit pas d'événements, tout au plus des phénomènes, engagés dans une temporalité du modèle, et non pas les temps géologiques.

Enfin, l'analyse de nos situations de terrain montrent une difficile prise en charge de la temporalité dans les explications. Les temps sont très présents mais sous des formes qui ne sont pas celles des constructions historiques. Le temps y est utilisé comme une variable de modèles fonctionnalistes mais il n'y a que très peu de mise en tension de la temporalité en réponse à la contrainte d'antériorité. C'est là pourtant un point fondamental de la construction historique qui procède par rétrodiction : en confrontant les événements entre eux il y a reconstitution d'un réseau de faits qui composent l'histoire. Sans relation de nécessité, ces événements ne constituent que des assertions historiques sans fondement véritable. Il s'agit en fait d'imposer au cours de l'histoire, un chemin « tendu » par les événements. Nous reviendrons dans le chapitre 8 page 423 sur cette dimension qui est au cœur de notre problématique.

Après cette première partie dans laquelle nous avons pu analyser quelques résultats quantitatifs qui nous ont permis de préciser les trois axes de résultats de nos recherches (discrétion du récit, fonctionnalisme prédominant, difficile prise en charge des temps linéaires), nous souhaitons engager les discussions qui nous mèneront plus loin dans nos conclusions.

DISCUSSIONS

« Concevoir une histoire, c'est le moyen dont nous disposons pour affronter les surprises, les hasards de la condition humaine, mais aussi pour remédier à la prise insuffisante que nous avons sur cette condition. Les histoires font que ce qui est inattendu nous semble moins surprenant, moins inquiétant : elles domestiquent l'inattendu, le rendent un peu plus ordinaire »

(Jerome Bruner)

INTRODUCTION

Après avoir présenté nos résultats et les avoir analysés, notamment par une approche quantitative, il nous faut maintenant pousser plus loin notre compréhension des implications du récit et de la fiction dans les deux situations de médiation que nous avons étudiées. Nous proposons ainsi de discuter et de procéder à un recul critique de nos analyses au travers de trois axes :

En premier lieu, nous discutons des modalités de mise en récit, tout d'abord du point de vue de la structuration en récit cadre/récits encadrés, qui constitue un point fondamental semble-t-il de la médiation géologique. Nous envisageons ensuite d'analyser en détail le rôle du récit dans sa capacité à produire du changement dans un cadre narratif « évolutif ». Ces deux aspects nous permettront de montrer que le récit joue un rôle important dans la construction d'une histoire géologique qui répond aux contraintes épistémologiques fortes que nous avons posées : d'une part les différentes échelles de conceptualisation des objets géologiques (réductionnisme méthodologique), et d'autre part leur insertion dans un monde en évolution (directionnalisme).

Dans un deuxième temps, nous engageons nos analyses dans la direction de l'explication historique. Il s'agit en effet pour nous dans cette partie de montrer que les reconstitutions historiques produites dans nos situations, entre explications fonctionnalistes et histoire, tendent à prendre des formes simplifiées de constructions narratives (des chronotropes), qui rendent peu compte de ce qu'est véritablement l'histoire géologique. Nous analysons notamment en détail le rôle joué par les analepses dans la mise en œuvre de la rétrodiction. Nous montrons ainsi que la causalité narrative peine à s'installer dans les formes de récits produits.

Nous terminons notre discussion par une analyse des formes que prend la fiction dans les mises en récit. La feintise ludique partagée, typique de l'activité de fictionnalisation, est en effet utilisée pour immerger le spectateur dans un univers de virtualités qui, en géologie, est souvent peu accessible. Nous analysons en quoi le recours à la fiction est contraint par un contrôle de la similarité relative entre les mondes réels et fictionnels. Nous montrons que cette mise en œuvre de la fiction est très ponctuelle et ne prend pas l'ampleur que nous lui avions pourtant attribuée dans ces situations de médiation. Enfin, nous terminons ce chapitre sur un point

fondamental qui a alimenté nos questionnement tout au long de nos recherche : les temps longs géologiques.

Chapitre 7

LA MISE EN RÉCIT STRUCTURE LA RECONSTITUTION DE L'HISTOIRE GÉOLOGIQUE

Dans cette première partie de discussion, nous souhaitons procéder à une analyse critique des modalités de mise en récit dans les médiations de terrain en articulant notre propos autour de trois axes.

Le premier axe d'analyse revient en détail sur un aspect déjà évoqué : l'*emboitement des récit*s. Nous allons ici montrer que l'organisation en récit-cadre/récits-encadrés n'est pas seulement due à une structuration de la médiation scientifique sur le terrain. Elle trouve son origine dans une épistémologie de la géologie qui prend en compte les reconstitutions historiques aux différentes échelles d'investigation de terrain.

Le deuxième axe d'analyse est celui de l'*évolution*. Nous souhaitons en effet montrer que le récit est l'outil de médiation qui permet de construire l'histoire géologique selon une direction imposée par son contexte évolutionniste. Nous montrerons notamment que de cette construction naissent de nombreux obstacles, tant du point de vue des savoirs géologiques que de la méthodologie historique.

7.1 LES DIFFÉRENTS NIVEAUX D'EMBOITEMENT DES RÉCITS

Nous avons émis l'hypothèse que l'emboitement des récits était une forme qui pouvait se révéler pertinente pour organiser les objets géologiques en une histoire cohérente. En reprenant ce que nous avons pu dire précédemment (voir section 6.1.3

page 350) nous sommes amenés ici à montrer que, selon la situation étudiée, ce sont soit les récits encadrés qui structurent la reconstitution historique, soit le récit-cadre. Ainsi, dans la situation Dibona-TG, nous avons mis en évidence que c'est un récit-cadre qui se met en place progressivement au fur et à mesure du discours. A l'inverse, dans la situation Fournel-RC, nous avons montré que c'est un ensemble de récits encadrés qui se mettent en place le long du discours du médiateur. Mais nous avons également mis en évidence dans ce cas, que le récit-cadre placé en préliminaire jouait un rôle fondamental dans le cadrage théorique de la situation.

Nous allons plus loin dans cette partie en montrant que l'articulation entre récit-cadre et récit s encadrés joue un rôle déterminant non seulement dans la construction phénoménologique des objets géologiques, mais aussi dans l'organisation des événements disparates dont ils sont les indices.

7.1.1 Récits encadrés : une articulation des récits entre eux pour organiser le disparate

L'intervention de RC dans le vallon du Fournel se construit sur divers récits que nous avons pu mettre en évidence à différents moments du discours.

Ces récits ne forment pas des entités séparées : ils s'organisent hiérarchiquement, à l'image des objets géologiques visibles sur le terrain, au sein de ce que nous avons désigné comme un « *récit-cadre* », très général, placé en introduction, et constituant une référence historique en partie modélisée. Le médiateur RC apporte des éléments théoriques mais également historiques qui vont servir comme nous l'avons dit de cadre général au raisonnement. C'est aussi une façon pour RC de délimiter son discours dans le domaine de la tectonique des plaques, et plus particulièrement dans celui de la formation des Alpes :

> « L'histoire, telle qu'elle nous est proposée par les géologues [...] »
>
> RC-I93

En convoquant cette référence théorique RC pose ainsi les frontières de la réflexion qui va être menée. Il définit en quelque sorte un univers dans lequel les objets géologiques peuvent exister. Les arrêts successifs qui viennent ensuite sont autant de récits encadrés qui organisent l'exploration du terrain à l'intérieur de ce récit-cadre théorique. Les récits encadrés peuvent être considérés comme des épisodes du récit-cadre dans lequel ils se trouvent.

Ces récits montrent une certaine *indépendance* (ils racontent des histoire différentes) mais sont également en *interaction*.

Des récits indépendants : Ces récits encadrés montrent une certaine *indépendance* : chaque épisode mobilise ses propres acteurs, sa propre narration, et peut donc être compris pour lui-même (voir tableau 7.1 page ci-contre).

TABLE 7.1 – Des récits indépendants (« An » : « Arrêt numéro n »)

Des récits indépendants	
Des acteurs principaux propres à chaque récit :	A2 : le paysage A3 : le granite A4 et A5 : nummulites A6 et A7 : globigérines A8 : plis
Une narration propre :	A2 : histoire d'un paysage A3 : la cristallisation à l'origine d'un granite A4 et A5 : l'approfondissement d'un bassin sédimentaire A6 et A7 : la déformation tectonique de petits fossiles dans une marne A8 : la formation de plis particuliers dans les grès
Des époques différentes :	A3 : Granite : anté-alpin A4 et A5 : Nummulites : fin de l'Éocène (milieu du Tertiaire) A8 : Flysch (grès du Champsaur) fin de l'Oligocène (milieu du Tertiaire)
Des lieux différents :	Les arrêts, pour chaque récit, sont différents, même s'ils sont, en termes géologiques, associés au même secteur géographique.

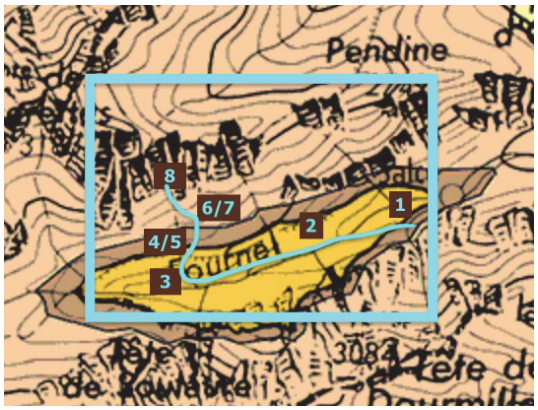
Des récits interaction : Mais ces récits sont également en *interaction*. Ils ne sont donc pas totalement indépendants. L'analyse du discours du médiateur RC nous a ainsi permis de mettre en évidence que ces interactions ou « *inter-relations* » dépendaient de certaines formes d'emboîtement caractéristiques des récits. Nous avons analysé ces emboitements et avons pu mettre en évidence trois types différents : des emboitements spatiaux, temporels et méthodologiques. Nous les présentons ci-dessous.

7.1.1.1 Emboitement spatial

Les récits encadrés, en tant qu'épisodes du récit-cadre, servent de support à une exploration du réel de terrain : chaque arrêt est associé à un épisode. Ainsi, ces récits encadrés constituent les événements singuliers qui s'organisent au cœur du phénomène global de la formation des Alpes (= l'orogenèse alpine). Les acteurs qui sont mobilisés dans ces récits sont en lien direct avec les traces présentes sur le terrain. Par exemple, les nummulites des arrêts A4 et A5, trouvées sur le terrain après une recherche guidée par le médiateur, deviennent les acteurs d'une histoire.

Ces fossiles permettent de reconstituer les événements singuliers d'une histoire géologique plus globale. Ils sont placées dans un contexte local (comme événement du récit encadré) puis dans un contexte global (comme épisode du récit-cadre, c'est-

FIGURE 7.1.1 – Présentation des arrêts lors de la situation Fournel RC



à-dire, comme épisode de l'histoire de la formation des Alpes). Ainsi, en organisant ces récits entre eux, en précisant leur niveau d'interaction ou, au contraire leur indépendance relative, RC construit la cohérence des événements. Le médiateur RC évoque fréquemment l'interdépendance des événements entre eux :

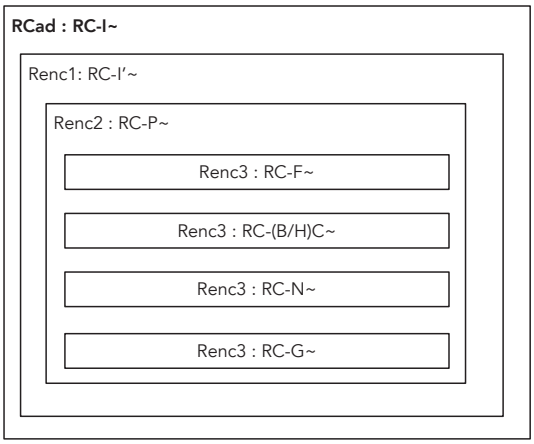
> « on avait les calcaires à nummulites, peu profonds, ma marne avec de l'argile à globigérines, à ce moment-là c'est plus profond »

TABLE 7.2 – Emboitement spatial des récits

Récit	**Symbole**	**Échelle**	**Sommaire du discours de RC**	**Code repère**
Récit-cadre	RCad	Tectonique des plaques	Introduction : RC-I~	RC-I34 -> RC-I108
Récit encadré 1	Renc1	Tectonique des plaques dans les Alpes	Introduction (fin) : RC-I'~	RC-I111 -> RC-I121
Récit encadré 2	Renc2	Paysage du Vallon du Fournel	Paysage : RC-P~	RC-P01 -> RC-P70
Récit encadré 3	Renc3	Affleurements du Vallon du Fournel	Granite : RC-G~	RC-G01 -> RC-G67
			Nummulites : RC-N1~ et RC-N2~	RC-N101 -> RC-N264
			Globigérines : RC-BC~ et RC-HC~	RC-BC01 -> RC-HC203
			Plis / Flysch : RC-F~	RC-F01 -> RC-F209

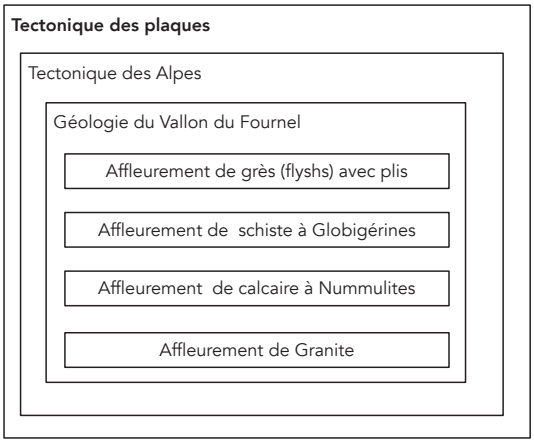
Cette interdépendance pourrait être employée pour construire de la nécessité entre les événements (ici : la nécessité d'un approfondissement), susceptible de créer une tension problématisante entre ces événements. Ce n'est pas vraiment le cas. Cela montre probablement une des difficultés majeures dans la construction de l'histoire géologique : la prise en compte du temps. Les événements étant seulement « *reliés* » entre eux par une sorte de contrainte de temporalité affaiblie (que nous pourrions désigner par « *contrainte chronologique* ») ils se nourrissent seulement du *process* analysé (ici le phénomène de subsidence du bassin sédimentaire).

TABLE 7.3 – Représentation schématique de l'emboitement spatial des récits dans la situation Fournel RC : Schéma encodé (voir 9.3.3 page 593 pour les légendes des encodages)



Cette contrainte conduit le médiateur à placer les événements à la suite les uns des autres, en suivant les contraintes empiriques du phénomène, mais sans se questionner sur les contraintes de temps qui s'imposent à leur articulation. Malgré le soin porté par le médiateur à la reconstitution historique, les événements tendent ainsi à se juxtaposer, notamment parce qu'ils se déroulent dans le même cadre spatio-temporel. Cet effet de juxtaposition est accentué par une tendance à l'empilement des objets, due selon nous au principe de superposition mis en jeu de façon quasi-systématique dans les situations de terrain. Le risque est grand dès lors de considérer le temps comme une variable « naturelle », qui fonctionne partout et pour tout le monde de la même manière. Or nous avons montré au travers des diverses formes de temps mobilisées dans ces situations que cela n'était pas le cas. Il nous parait donc essentiel dans un tel contexte de mettre en œuvre une méthodologie exigeante vis-à-vis du temps. Dans le cas contraire, le temps « *échappe* » au médiateur. Nous aurons l'occasion, dans les lignes qui suivent (voir section 8.1 page 423), de montrer que cette méthodologie relève justement de la mise en récit, et qu'elle ne peut pas, de ce fait, être considérée comme une simple

TABLE 7.4 – Représentation schématique de l'emboitement spatial des récits dans la situation Fournel RC : Schéma titré (Les affleurements ont été placés dans leur position spatiale relative)



mise en scène de l'histoire géologique.

7.1.1.2 Emboitement temporel

L'emboitement spatial des récits est directement lié à leur temporalité. Les principes de superposition / inclusion / recoupement s'ajoutent aux méthodologies de datation absolue pour construire les temps géologiques. Mais nous souhaitons montrer que par des constructions narratives, il est également possible de rendre compte de l'organisation temporelle des événements. Dans le paragraphe précédent, nous avons évoqué l'importance des emboitements dans l'espace afin d'appréhender la temporalité géologique comme une contrainte forte, et non pas comme une simple variable du sytème. Nous allons ici plus loin en considérant une deuxième phase dans cette approche de la reconstitution historique. Celle-ci ne se met pas en place sur la seule configuration des événements (contrainte d'antériorité) mais également sur la construction de la *durée* des temps géologiques.

Nous avons analysé la façon dont les médiateurs prenaient en compte un tel emboitement temporel et comment ils utilisaient la mise en récit pour « *sortir* » d'un simple temps géologique « *perçu* » pour entrer dans les temps géologiques « *construits* ». Les résultats présentés dans les figures 6.3.2 page 369 et 6.3.3 page 370 nous ont déjà montré que la durée géologique est très peu présente dans le discours des médiateurs. Or l'un des enjeux des situations de terrain que nous étudions est celui de la construction des temps longs géologiques et surtout de la *durée* comme « expression » de ces temps longs. Nous souhaitons montrer ici les raisons d'une telle mise à l'écart de la durée. Dans quelle mesure cela a-t-il un impact sur la mise

en œuvre des temps longs ? Et surtout, quel rôle joue le récit dans cette mise en scène des temps géologiques ?

Pour cela nous avons recherché quelle forme de temps le fonctionnalisme écarte des explications, ce qui nous a conduit à réfléchir à la façon dont le récit organise l'*action* au sein de l'intrigue. Nous avons croisé nos indicateurs de fonctionnalisme (voir tableau 6.4 page 380) avec nos indicateurs des formes de temps (voir tableau 6.3 page 368) grâce à une opération booléenne de la forme [1] :

Opération 1: absence de durée dans les temps du fonctionnalisme

```
[Indicateurs Fonctionnalisme] AND [indicateurs Formes du temps] SAUF
                              [Tps-Dur]
```

ou bien

Opération 2: absence de l'instant dans les temps du fonctionnalisme

```
[Indicateurs Fonctionnalisme] AND [indicateurs Formes du temps] SAUF
                             [Tps-Inst]
```

Une telle opération nous a permis de révéler les phases du discours dans lesquelles la durée vs l'instant étaient exclus des explications. En procédant par ailleurs à une recherche de l'occurrence du mot « moment(s) » dans le discours de TG, nous obtenons les résultas présentés dans la figure 7.1.2 page 420. L'ensemble de ces occurrences appartiennent toutes aux résultats obtenus précédemment par l'opération booléenne 1. L'opération 2, quant à elle, n'a donné aucun résultats.

De tels résultats nous conduisent à préciser ce que nous avions jusque là exprimé sous une forme qui s'avère dès lors manquer de précision : « *le fonctionnalisme écarte le temps* ». Dans les diverses citations de la figure 7.1.2, il y a une très nette focalisation par le médiateur TG sur les *instants* des modèles fonctionnalistes qu'il mobilise dans ses explications. Le temps est donc bien présent, mais sous des formes dérivées de l'instantanéité. Ces « *instants* » constituent d'après nos analyses des jalons temporels qui permettent de percevoir les étapes-clés du phénomène géologique.

Mais construire des phénomènes sur une successions d'instants pose plusieurs

1. Tps-Dur : Mise en œuvre d'une activité de perception de la durée du temps
Tps-Inst : Mise en œuvre d'une activité de perception de l'instantanéité du temps

problèmes. Un premier qui relève de ce que les didacticiens désignent par le raisonnement linéaire causal : les diverses variables impliquées dans un phénomène sont alors assimilées à des étapes qui se succèdent dans un temps linéaire préexistant et non construit. Un second qui oblige le phénomène à n'exister que dans les temps courts pour être perceptible à l'échelle humaine. Enfin un troisième qui, du fait d'un recours aux temps courts, impose au modèle une « *compression des temps longs géologiques* ». La conséquence directe de cette compression est qu'elle engendre une vitesse importante du processus ; ce qui donne un modèle, couramment désigné comme « *modèle en accéléré* » et qui se caractérise par sa « dynamique ». Tout comme le cinéma, qui exploite le phénomène physiologique de persistance rétinienne pour conférer à une successions d'images fixes une *dynamique*, le modèle fonctionnaliste « *en accéléré* » produit du mouvement à partir d'une succession d'instants. Un tel modèle prend alors des allures de reconstitution historique par simple mise en mouvement du phénomène par compression des temps courts.

Dans la situation Fournel-RC, le médiateur est amené à présenter un tel modèle lorsqu'il reconstitue le phénomène ayant donné naissance aux grès du Champsaur (flysch)(voir figure 7.1.3 page 421) : ces très grandes épaisseurs de grès en alternance avec des marnes sont présentées comme des successions d'instants (que nous avons soulignés dans le bloc de citation — figure 7.1.3). La répétition du phénomène par empilement d'instants fournit une « épaisseur » aux temps qui prennent alors valeur de temps géologiques.

Dans sa mobilisation de modèles fonctionnalistes, le médiateur TG use d'une sorte de méthodologie que l'on pourrait qualifier de spontanée vis-à-vis du temps : expliquer un phénomène, c'est organiser des instants. TG procède ainsi par schématisation (voir 7.1.4) du phénomène sur un petit tableau blanc. Chaque schéma achevé est une étape ; lorsqu'il efface, cela lui permet de passer à l'étape suivante. Pour le cas particulier de l'érosion de la chaine hercynienne, il utilise une subtilité qui consiste à mimer l'érosion des sommets des montagnes en effaçant son schéma avec le doigt. Un tel geste montre comment le modèle est utilisé pour compresser les temps longs géologiques.

Ces emboitements temporels qui consistent donc en un empilement/compression de temps produisent donc de la *durée* au travers du *mouvement*. Nous retrouvons là un des fondements de nos considérations sur la perception de la durée : d'une part le temps n'est perçu qu'au travers des *instants*, et d'autre part la *durée est une construction de la pensée*. Le modèle fonctionnaliste produit donc indéniablement de la durée. Mais produit-il une histoire ?

Nous pourrions conclure ici en disant que si le modèle fonctionnaliste produit de la durée, c'est parce qu'il met en scène une « *action* », et dans les situations qui nous intéressent, des *mouvements d'objets géologiques*. C'est par le mouvement, décliné sous diverses formes que le médiateurs semble produire de la durée. Et dans

ce cas le récit parait jouer un rôle important. En mettant en œuvre une mimesis de l'action, le récit construit cette *durée* nécessaire à la reconstitution géologique que ne permet pas la simple perception.

7.1.1.3 Emboitement méthodologique

Nous souhaitons montrer rapidement ici que les récits s'emboitent également dans le but de répondre à une contrainte méthodologique : pour le dire en termes simples, « *le particulier (= analytique) s'emboite dans le général (synthétique)* ». Cela suppose un recours important au *méta-narratif*. La relation qui existe entre les événements est de l'ordre de la méthodologie au sens où la succession correspond davantage à l'organisation du propos qu'à une relation de nécessité/contingence entre événements. Ce type d'emboitement relève donc du *méta-didactique* : l'objectif est d'organiser pour faire comprendre.

La mise en place du discours de TG se fait en appui sur un *sommaire*, qui est une forme ici de *méta-narration*, dans la mesure où TG peut ainsi résumer à la fois le récit de son propos[2] et le discours qu'il va prononcer.

> « voilà, alors on va donc commencer par décrire cette roche, après on va essayer d'expliquer comment elle s'est formée, à quelle époque, et après on fera le visuel, on décrira tout l'environnement du refuge du Soreiller, à travers une petite coupe géologique » TG-I11

Chaque élément du sommaire correspond à un épisode d'un récit qui va se construire. Ce récit se confond avec l'histoire géologique ? En fin de discours, le récit qui a été raconté par TG est « une » histoire (un médiateur qui reconstitue une histoire géologique) et « *l* »'histoire géologique de la Dibona (re-racontée par un médiateur).

Nous comprenons ainsi que toute histoire re-racontée recèle une part de méta-narratif : chaque choix fait par celui qui raconte donne au récit sa singularité qui fait que le « re-raconté » devient unique, tout en se nourrissant du récit-cadre dont il est issu. Nous comprenons également que les choix qui ont été faits par le médiateur dans une telle situation, relève très probablement du méta-didactique : l'objectif de TG est à n'en pas douter de se faire comprendre de son public.

Dans la situation Fournel-RC, l'emboitement méthodologique des récits-encadrés est fortement influencé par l'organisation de la sortie géologique autour de divers affleurements. Chaque affleurement est l'occasion de reconstituer un récit correspondant aux événements étant à l'origine d'un tel affleurement. Cette organisation méthodologique se présente ainsi, dans la situation Fournel-RC :

2. Même si comme nous l'avons dit plus haut, ce récit n'existe pas réellement selon notre définition. La médiation ne prend en effet pas la forme d'un récit ; elle est seulement le siège de plusieurs mises en récit.

« aujourd'hui dans les paysages » RC-I45
« donc tout le travail du géologue ça va être d'utiliser des méthodes de lecture des objets pour pouvoir les exploiter en terme de dynamique d'événements » RC-I46

« vous voyez, il faut plus que vous voyez, que vous regardiez, que vous étudiez , que vous décriviez des roches comme des roches bon qui sont dures, pas dures, elle font effervescence à l'acide ou pas ,elle font pas effervescence à l'acide, y a des cristaux, y a pas de cristaux, c'est pas ça » RC-I47

« ça c'est la première étape, il faut le faire » RC-I48
« mais surtout c'est dans l'objectif de dire mais qu'est-ce que tu as me dire » RC-I49
« qu'est-ce que tu as enregistré qui vaille le peine pour moi d'être connu » RC-I50

« parce que si tu me racontes ce qui s'est passé au cours de ta naissance, depuis que tu es né, ce qui s'est passé » RC-I51
« et bien je vais pouvoir raconter une histoire » RC-I52

« c'est ça le coté pédagogique que l'on essaye de donner à notre enseignement » RC-I53
« c'est ce coté un peu magique, c'est de faire passer des objets statiques, à une histoire dynamique » RC-I54
« c'est un petit peu la gageure que l'on va essayer d'atteindre ce matin » RC-I55

Le médiateur RC montre donc explicitement que son discours est structuré du point de vue méthodologique et qu'il répond à des règles strictes en ce qui concerne ce qu'il appelle « *la lecture des objets* [géologiques] ». Les différents arrêts qui seront ensuite faits pendant la géo-randonnée s'insèrent donc dans cette organisation méthodologique emboitée et portée, pour chacun des affleurements, par un récit.

Mais nous devons à ce stade de notre analyse faire une remarque qui nous est suggéré par (Popper, 1991, p. 437) quant aux forme de « *mauvais réductionnisme* ». La façon dont les emboitements de récits s'opèrent dans le discours des médiateurs, mais également l'analyse que l'on en fait, peuvent tomber dans une forme de réductionnisme méthodologique infini et mal maitrisé. De ce point de vue, il est important de préciser que ces emboitements dépendent de contraintes épistémologiques qui font des récits des éléments dépendants les uns des autres, à des échelles spatio-temporelles différentes. Ce qui supposent des récits « englobants » et des récits « englobés ». Il n'est donc pas question ici de penser que chaque récit est composé lui-même de récits d'un niveau inférieur, jusque dans un infiniment petit de la narration. Cette forme de réductionnisme appliquée au récit ne correspond selon nous à aucune construction rationnelle et ne répond à aucune nécessité dans

la mise en récit. Nous réaffirmons de ce fait que événements géologiques et temps linéaires sont des concepts émergents des constructions narratives. Ils n'existent pas comme s'ils étaient immanent aux objets du réel, dans l'attente d'être racontés. Ils ne prennent corps qu'au travers des histoires géologiques reconstituées. Et surtout, nous rappelons que les événements ne précédent pas le récit ; c'est le récit qui précède les événements. Chaque événement géologique ne prend forme que dans un récit construit. Hors de son cadre narratif, l'événement géologique n'a pas de sens.

Les différents niveaux d'emboitement des récits constituent un aspect important des médiations que nous avons étudiées. Ils interviennent non seulement dans le cadre spatio-temporel des récits, mais également dans le cadre méthodologique qui organise la médiation. Ces emboitements permettent de penser l'histoire géologique comme des épisodes d'une histoire globale, qui constitue le cadre générale des événements géologiques, mais qui se construit elle-même sur ces épisodes emboités.

L'émergence des temps linéaires de ces récits montre le rôle fondamental joué par la narration dans la prise en charge des temps, et notamment les temps longs géologiques, qui font obstacles à la compréhension de phénomènes excessivement lents. Mais nous avons dit également que les événements géologiques émergent du récit : ils n'en sont pas les éléments constitutifs comme le seraient les perles d'un collier. Ils naissent des configurations qui s'établissent entre eux. En ce sens, le récit dit plus que ce qu'il raconte. Cela montre donc les difficultés qui résident dans la mise en récit dans le contexte des médiations scientifiques.

7.1.2 Micro-récits

Avant de terminer cette section, nous souhaitons faire une remarque sur une forme de récit emboité particulière que nous avons pu mettre en évidence dans les situations que nous avons étudiées. Nous les avons nommés « micro-récits » du fait de leur faible étendu dans le discours et afin de montrer en quelque sorte leur indépendance vis-à-vis des autres récits emboités.

Les *micro-récits* sont des sortes de « *pas de coté* » dans la narration. Ils sont très courts, et, s'ils sont en lien avec le récit principal, ils n'apparaissent pourtant pas comme nécessaires. Ils se referment sur eux-mêmes, sans apporter une information fondamentale pour l'histoire géologique. Leur rôle doit donc peut être se trouver au niveau médiatique, au service de la communication. Nous en présentons quelques exemples afin de les caractériser, mais sans prétendre pouvoir généraliser.

Dans la situation Dibona-TG, on trouve un micro-récit caractéristique lorsque le médiateur mobilise des explications scientifiques autour de la radioactivité du zircon :

« dans le granite je vous ai dit qu'il y avait un minéral qui s'appelle le mica noir, la biotite, et quand on regarde la biotite au microscope, on remarque qu'à l'intérieur, il y a un autre minéral microscopique qui est incluse dedans et qui est radioactif et ce minéral radioactif c'est le zircon » TG-R14

« donc grâce aux zircons qui sont inclus dans les micas de ce granite, les géologues ont utilisés cette radioactivité pour dater cette roche là » TG-R15

« c'est à dire ils ont daté le moment où cette roche est passé d'un magma à une roche solide, c'est à dire le moment où le zircon à partir du magma s'est formé » TG-R16

« le zircon normalement ne devrait pas être radioactif mais dans le zircon il y a des atomes d'uranium qui se supplantent à des atomes de zirconium, donc c'est à cause des atomes d'uranium qu'il y a dans le zircon qu'on a pu utiliser la radioactivité » TG-R17

Le besoin d'apporter des éléments complexes dans les explications pousse semble-t-il le médiateur à faire cette sorte de « *pas de coté* » pour montrer que ces éléments scientifiques complexes ont une importance pour les scientifiques, mais que cela n'est pas le cas de la situation de médiation dans laquelle le public se trouve. Les efforts de simplification que fait le médiateur montre cet volonté de montrer que ce micro-récit relève d'une autre problématique qui n'est pas directement celle qui est en jeu dans le discours prononcé.

Dans la situation Fournel-RC, deux situations de mise en œuvre de micro-récit sont identifiables. L'une est une petite histoire autour de la loupe de géologue de RC, qui est l'occasion pour lui de dire l'intérêt d'un tel objet pour le géologue. L'autre arrive en fin de discours, lorsque l'histoire géologique du Fournel (dont la construction vient de s'achever) s'ouvre sur celle, plus générale du Queyras, au détour d'une question d'un spectateur.

Micro-récit « *la loupe de RC* » :

« donc j'ai apporté une loupe, pour ceux qui souhaiterons les regarder [fossiles de nummulites] » RC-N112

« alors une loupe c'est un objet précieux, le mien est encore plus précieux, pas parce que c'est le mien, mais parce que c'est un cadeau et en plus un cadeau qui est assez remarquable par le fait que , il y a la loupe et puis il y a un petit éclairage, ce qui fait que quand on est ...alors faut que je trouve ... il y a un éclairage qui est un éclairage blanc, et un éclairage qui est un éclairage violet, parce que y a certains minéraux qui se déterminent que comme ça, mais nous on va se servir du seul blanc » RC-N113

Micro-récit « *Géologie du Queyras* » :

> « parce que le problème chez nous, y a un problème qui est celui du Queyras » RC-F186
>
> « le Queyras est trop élevé par rapport à la nature de ses terrains » RC-F187
>
> « il est à 3000 m RC-F188 les terrains sont tendres, ça devrait être moins élevé » RC-F189
>
> « et le Tibet c'est un peu la même chose chez eux » RC-F190
>
> « le Tibet leur pose des problème pas seulement politique... il leur pose des problème en terme d'interprétation de l'altitude » RC-F191

Ces micro-récits sont donc des apartés qui alimente le discours en anecdote et l'ouvre vers d'autres problématiques, comme dans l'exemple évoqué par RC pour la problématique du Tibet qui se pose pour les géologues chinois qui ont engagé un projet important avec les géologues grenoblois (voir en annexe 9.3.3 page 593 de RC-F151 à RC-F209).

Nous concluons cette section sur les deux points essentiels que nous avons mis en évidence dans nos analyses : les emboitements de récits répondent à des nécessités épistémologiques de mise en relation des événements entre eux. Ces relations sont liées à une structuration spatio-temporelle des événements entre eux mais également à une organisation méthodologique.

Les micro-récits sont également présents dans le discours des médiateurs. Ils produisent un effet sur la dimension médiatique du discours mais ne paraissent pas nécessaires à la construction de l'histoire géologique.

Après une analyse centrée sur l'architecture générale du discours et les mises en récit qui s'y produisent, nous envisageons maintenant d'entrer dans ce que nous pourrions désigner par le cœur du récit, en analysant sa capacité à produire le *changement* dans le cours des choses, et ainsi à imposer un cadre évolutionniste à toute histoire géologique.

7.2 RÉCIT ET ÉVOLUTION DES OBJETS GÉOLOGIQUES

Nous nous intéressons dans cette partie à la façon dont les médiateurs mettent en récit un monde en évolution. Nous avons eu l'occasion de préciser en cadre théorique les modalités d'utilisation de l'actualisme et nous avons pu montrer ses limites. Nous souhaitons montrer ici comment il est pris en charge par les médiateurs en nous concentrant sur deux aspects que nous avons définis comme essentiels compte tenus des contraintes épistémologiques et narratives de nos situations : (a) la *rupture* dans le cours des choses du monde et (b) le piège du *directionnalisme*.

7.2.1 Concordance et rupture : le récit, entre stabilité et changement

Les mises en récit que nous avons pu mettre en évidence dans le discours des médiateurs s'organisent autour d'une opposition entre *concordance* et *rupture*. Nous envisageons ici de présenter cette « *confrontation* » selon quatre perspectives :

- La rupture par interruption d'un cycle *vs* interruption d'une linéarité du temps
- La rupture par contre-factualité
- L'exagération de la rupture et les récits *ab ovo* qui produisent du catastrophisme

L'analyse de ces trois modes de rupture dans la mise en récit nous permettra de mettre en évidence les modalités de construction de la dimension évolutive des objets géologiques impliqués dans les reconstitutions historiques.

7.2.1.1 Rupture et linéarité des temps dans la situation Fournel-RC

Nous avons défini que la mise en récit se construit autour d'une rupture dans le cours des événements du monde. Les emprunts que nous avons fait à la *peripetia* d'Aristote ou à la « *brèche dans le cours des choses* » de Bruner (2002) nous ont conduit à envisager des indicateurs de rupture dans les mises en récit des médiateurs. Ces indicateurs « *Rupt-Nom* » et « *Rupt-Hist* » (voir 9.3.3 page 585) ont été croisés avec les indicateurs de temps cycliques et linéaires (*Tps-Cyc* et *Tps-Lin* – voir 6.3 page 368) par l'opération booléenne suivante :

```
[Rupt-Nom OR Rupt-Hist] AND [Tps-Cyc]
[Rupt-Nom OR Rupt-Hist] AND [Tps-Lin]
```

Nous avons analysé les extraits de discours obtenus ; nous présentons ci-dessous ceux qui sont les plus pertinents.

Une première analyse fait ressortir que dans les deux situations il n'a pas été possible de mettre en évidence de rupture dans les temps cycliques. Que signifie un tel résultats ? Nous pensons que cela tient au fait que les temps cycliques, du fait qu'ils sont associés aux *cadres nomologiques* intervenant en géologie (par exemple les lois de la physique, — magnétisme, thermodynamique, cinétique, etc. —), ne peuvent être remis en cause par une « *brèche* » qui surviendrait dans leur mise en œuvre. Une rupture « *dans* » les temps cycliques ne semble donc pas envisageable. La portée symbolique des temps cycliques est peut être à l'origine de telles conceptions : dans la construction du récit, il semble possible de concevoir des « *changements de direction* » dans le cours de l'histoire, mais il demeure très improbable que de tels changements surviennent dans les lois qui régissent les

phénomènes géologiques du monde.

Nous pensons que nous sommes là face au hiatus important qui sépare la géologie fonctionnaliste, qui construit et utilise des modèles explicatifs an-historiques, de la géologie historique, qui reconstitue une histoire *contingente* du passé de la Terre.

La contingence de l'histoire est donc la caractéristique majeure sur laquelle la géologie historique se met en place. Et pour le médiateur, c'est là que l'histoire commence. La mise en récit à laquelle il procède dépend essentiellement de cette contingence. Et c'est parce qu'il y a contingence que le rupture est possible : la rupture soudaine dans le récit est le moment qui « *cristallise* » cette contingence, qui se présente comme imminente, et qui nourrit ce que le sens commun désigne par « *suspens* ».

Dans la situation Fournel-RC, une rupture dans les temps linéaires survient quand le médiateur RC évoque la lacune de secondaire dans les terrains du vallon du Fournel. Il explique que ces terrains du tertiaires sont en contact direct avec le socle sous-jacent, ce qui pose un problème au regard de la linéarité des temps géologiques :

```
« alors le socle lui, il est , ...il a pas d'âge, il est vieux » RC-N217
« il est de l'ère primaire » RC-N218
« et là c'est quand même bizarre » RC-N219
« on se retrouve d'emblée par dessus les terrains du socle de l'ère
   primaire, par des terrains du tertiaire » RC-N220
« où est passé le secondaire ? » RC-N221
« il est pas là, y en a plus » RC-N222
« y en a pas » RC-N223
« alors est-ce qu'il y en a jamais eu ? » RC-N224
« s'il y a eu des terrains de l'ère secondaire, on en connait beaucoup
   dans d'autre régions, et bien c'est qu'ils ont été décapé par
   l'érosion » RC-N225
« ils ont existé et ils ont été décapés » RC-N226
« ou alors ils ont jamais existé » RC-N227
```

Le médiateur crée ici un *effet de tension narrative* en mettant son public face une *rupture dans le cours des temps linéaires*. Ce ne sont pas des temps vécus, mais des temps construits progressivement dans le discours et qui ont mis en place un socle granito-gneissique en fond de vallée sur lequel reposent directement les calcaires à nummulites. Cette rupture s'accompagne d'une mise en tension :

```
« il est de l'ère primaire » RC-N218
« et là c'est quand même bizarre » RC-N219
```

Cette mise en tension « prépare » un questionnement, qui se construit en deux temps :

```
« où est passé le secondaire ? » RC-N221
(...)
« alors est-ce qu'il y en a jamais eu ? » RC-N224
```

Et ce questionnement ouvre à une explication historique qui engage la contingence :

> « s'il y a eu des terrains de l'ère secondaire, on en connait beaucoup dans d'autre régions, et bien c'est qu'ils ont été décapé par l'érosion » RC-N225
>
> « ils ont existé et ils ont été décapés » RC-N226
>
> « ou alors ils ont jamais existé » RC-N227

Les termes « *ou alors* » constituent une forme d'alternativité des faits qui porte la contingence. Mais cette contingence est ici mise en scène : le médiateur, qui sait ce qui est arrivé à ces terrains, met en scène la contingence pour produire un effet caractéristique de la démarche d'enquête, une forme de doute quant aux événements, qui oblige à pousser plus loin l'investigation.

La rupture dans le cours des choses est donc bien prise en charge dans la médiation, au travers d'une cassure de la linéarité des temps. A l'inverse, il n'a pas été possible de mettre en évidence de telles cassures dans les temps cycliques. Nous pensons que cela tient au fait que ces temps cycliques ont un rapport étroit avec le cadre légal (nomologique) des phénomènes géologiques. A moins de changer de paradigme, une brèche dans ce cadre nomologique n'est pas envisageable. Cependant, il nous parait intéressant de considérer que, si la rupture ne peut se faire dans les « *temps* » cycliques, elle conserve un rôle important dans la mise en intrigue, en agissant sur une autre dimension que la dimension temporelle. Ce qui nous pousse maintenant à envisager le rupture dans ce que nous avons choisi de désigner par « contre-factualité ».

7.2.1.2 Rupture et contre-factualité dans la situation Dibona-TG

Nous souhaitons aborder dans cette partie un aspect de la production d'une *rupture* dans le récit que nous n'avons pas considérés dans notre paragraphe précédent. Il s'agit de ce que nous avons nommé la « *rupture par contre-factualité* ». Précisons notre pensée : nous considérons que la contre-factualité est une forme de rupture avec la norme des faits. Le registre empirique entre en tension avec son cadre légal : un cas déroge à la normativité des faits. C'est selon nous une forme de problématisation qui est propice à la médiation géologique et que nous envisageons d'analyser ici.

Afin d'analyser cette problématisation dans la mise en intrigue par rupture, nous avons recherché comment les médiateurs organisaient la confrontation des faits et des idées dans leur discours. Nous avons pour cela utilisé les indicateurs de rupture et de mise en intrigue, ainsi que les indicateurs de problématisation (voir tableau 9.3.3 page 585). Une telle recherche par indicateurs a produit des extraits dont nous analysons les plus pertinents ci-dessous.

Dans la situation Dibona-TG, le médiateur, dans la première partie de son intervention, précise qu'il recherche l'origine du granite de la Dibona. Il a procédé pour cela à une description détaillée des cristaux du granite et a défini le processus de cristallisation à l'origine de ces cristaux. A ce stade de son discours, TG doit remonter à l'origine du magma granitique qui a donné ce granite. Nous présentons l'intégralité de l'extrait dans la figure 7.2.1 avant de l'analyser en détail.

FIGURE 7.2.1 – Mise en intrigue et rupture par illégalité dans la situation Dibona-TG

« alors maintenant que l'on a déterminé la roche de l'aiguille Dibona, ou du pain de sucre comme vous voulez, on va essayer de comprendre, bon ça va peut être être un peu plus théorique, dans cette étape là, d'où vient ce magma qui en se figeant en profondeur a donné du granite ? » TG-M1

« alors ? , ça vient d'où le magma ? Alors vous allez me dire ça vient de là bas dessous, oui mais , moi j'ai un problème, parce que, ... » TG-M2

« on racontait des choses autrefois, apparemment on les raconte encore à certains endroits, c'est pas très juste, ...vous savez que sous nos pieds il n'y a pas de magma » TG-M3

« le seul endroit où sur notre planète, ... le magma c'est quoi, c'est de la roche dans un état liquide, ok, or le seul endroit où l'on a de la roche liquide en permanence dans notre planète, c'est à plus de 2900 km de profondeur, c'est dans le noyau terrestre. Et là le magma c'est du fer fondu » TG-M4

« et jusqu'à présent personne n'a vu de volcan vomir de la lave qui devient du fer en refroidissant, tout simplement parce que ce magma qui est en permanence dans le noyau terrestre ne peut pas s'échapper du noyau terrestre » TG-M5

« donc partout ailleurs, le manteau terrestre et la croûte terrestre ou l'écorce terrestre plus exactement, ne sont pas constituées de magma, donc là j'arrive quand même, j'ai un problème » TG-M6

« j'ai des roches magmatiques et pourtant je n'ai pas de magma permanent sous mes pieds » TG-M7

« donc je vais être obligé d'admettre que le magma va se former de façon très temporaire et très dispersé dans l'espace , d'accord, à certains endroits et à certaines époques, quand au gré des mécanismes géologiques il va se produire ce que l'on va appeler en géologie des anomalies » TG-M8

« donc il va falloir qu'il y ait une anomalie qui mette en fusion les roches sous nos pieds, soit dans le manteau soit dans l'écorce terrestre » TG-M9

« puisque habituellement les roches sont dans un état solides, donc pour avoir du magma il faut faire fondre la roche solide, et donc pour la faire fondre il faut qu'une anomalie géologique se produise » TG-M10

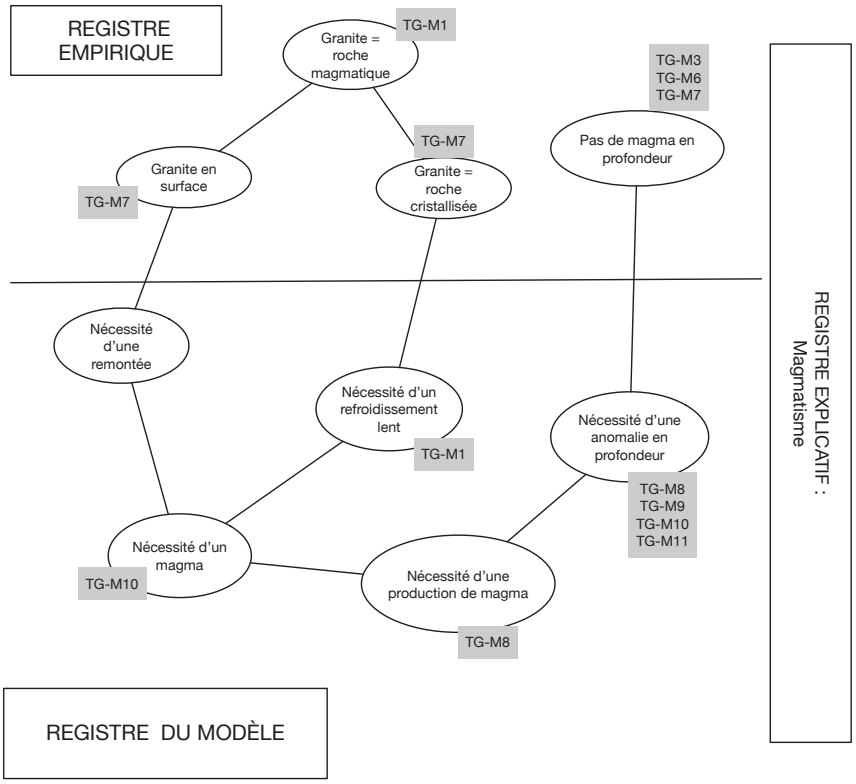
« une anomalie qui va mettre en fusion les roches » TG-M11

« alors on va essayer de raisonner un petit peu ensemble » TG-M12

La construction du problème de l'origine du granite de la Dibona par le médiateur TG peut être schématisé dans un espace de contraintes et nécessités que nous

présentons dans la figure 7.2.2. Nous avons ajouté au schéma les codes correspondant aux phrases du médiateur (voir ces correspondances dans la fig 7.2.1)

FIGURE 7.2.2 – Espace de contraintes et nécessités pour le problème de l'origine du granite de la Dibona dans le discours de TG



Un tel schéma permet de mettre en évidence l'activité de problématisation à laquelle le médiateur procède dans sa mise en récit. La rupture qu'il met en place est une rupture entre un *registre empirique* (le granite de la Dibona) et le *registre du modèle* associé à la formation des roches magmatiques [3]. A plusieurs reprise le médiateur signale qu'il y a un problème :

> « alors ? , ça vient d'où le magma ? Alors vous allez me dire ça vient de là bas dessous, oui mais , moi j'ai un problème, parce que, ... » TG-M2
>
> [...]
>
> « donc partout ailleurs, le manteau terrestre et la croûte terrestre ou l'écorce terrestre plus exactement, ne sont pas constituées de magma, donc là j'arrive quand même, j'ai un problème » TG-M6

3. Le magmatisme (fusion partielle des roches, diapirisme, cristallisation fractionnée, ...) constitue le *registre explicatif* qui permet d'engager une telle explication de l'origine du granite.

Ce qui le conduit d'ailleurs à envisager les nécessités théoriques qui permettent de répondre à de telles contraintes empiriques :

> « donc il va falloir qu'il y ait une anomalie qui mette en fusion les roches sous nos pieds, soit dans le manteau soit dans l'écorce terrestre » TG-M9

Le médiateur est ensuite poussé à se justifier, comme pour confirmer que cette nécessité (d'une anomalie qui va entrainer la fusion des roches du manteau ou de la croûte) répond bien aux contraintes qu'il a révélées :

> « puisque habituellement les roches sont dans un état solides, donc pour avoir du magma il faut faire fondre la roche solide, et donc pour la faire fondre il faut qu'une anomalie géologique se produise » TG-M10

Le médiateur TG met donc en place une problématisation autour du processus à l'origine du granite ; mais nous voyons qu'il met peu en place de contraintes de temps. Ce que nous avons désigné par rupture est ici une *rupture nomologique* : le médiateur exprime, en le mettant en scène, qu'il vient buter contre un problème. Le public doit ici pouvoir comprendre que c'est *une mise en scène du problème* ; dans le cas contraire, le médiateur serait en difficulté face aux participants s'il disait qu'il est bloqué face à un problème de magmatisme.

La conclusion que nous pouvons tirer de cette analyse de la rupture par contre-factualité dans les mises en récit des médiateurs est que le temps y trouve peu sa place.

Nous avons montré que la tension de problématisation qu'installe le médiateur mobilise le temps mais celui-ci ne s'impose pas comme une contrainte ou une nécessité. Comme nous avons déjà pu le dire, le temps est présent, mais comme une variable neutre. Elle participe au processus sans le contraindre véritablement. Les événements qui sont reconstitués sont ainsi « *décrits* » comme des phénomènes qui « *ont lieu* ». Mais il manque cette dimension que portent normalement les événements : ils s'accomplissent en s'insérant dans une *temporalité*. La médiation de terrain semble donc délicate dès lors qu'il s'agit à la fois de mobiliser une phénoménologie pour explorer l'empirie et de reconstituer des événements dans le temps et l'espace.

La contre-factualité est bien présente dans ces formes de problématisation fonctionnaliste qui mettent en tension les registres empirique et théorique. Dans la mise en récit, la contre-factualité prend la forme d'une rupture dans le cours normal des choses, une brèche dans la normativité des faits du monde. Mais elle est préférentiellement mobilisée dans un *cadre nomologique* : la rupture survient quand une règle est enfreinte. Et le cadre historique, qui suppose la mise en œuvre d'une temporalité exigeante, est quant à lui peu sollicité : il semble difficile pour

le médiateur de créer une rupture en mobilisant une contre-factualité des temps linéaires.

Enfin, ce que nous avons été amené à proposer comme conclusion provisoire dans la partie « résultats » semble ici se confirmer : la focalisation sur les *process* qui écarte le temps conduit à une *modélisation de l'histoire*. Il semble difficile pour le médiateur d'insérer son histoire dans un « *hic et nunc* » géologique singulier, qui n'emprunte au phénomène que ce qui relève du *process*. Sinon, le risque est grand de construire une histoire modélisée : le médiateur peut se retrouver d'ailleurs dans un entre-deux, qui n'est ni une explication, ni une histoire. Cette forme hybride de discours est à analyser en détail ; nous y revenons dans la section 8.1.2 page 426.

Une dernière forme de rupture nous parait intéressante à explorer : elle correspond à une sorte de « *soudaineté* » dans la mise en scène de la rupture, ce qui nous a amené à analyser les tendances du médiateur à « *tomber* » dans le catastrophisme.

7.2.1.3 La catastrophe : exagération de la rupture

Les contraintes médiatiques, comme nous avons déjà pu le dire, sont fortes dans ces situations de terrain. Il ne s'agit pas, pour le médiateur de faire « *seulement de la géologie* ». Il risquerait d'ennuyer son public le plus motivé. Il organise donc son intervention autour d'une mise en scène, d'une narration et de divers procédés narratifs qui engagent les spectateurs dans l'émotion, le drame, l'extraordinaire, ... Parmi ces procédés, la catastrophe est un des plus saillant du discours de médiation scientifique. Comment, dans ces situations de géologie de terrain, le médiateur fait-il pour prendre en compte cet obstacle important de la géologie, tout en satisfaisant aux contraintes médiatiques de son discours ?

Nous souhaitons montrer dans cette partie que la gestion de l'obstacle « *catastrophisme* » n'est pas aisé, et que la rupture dans la mise en récit prend facilement des formes exagérées, qui justement conduisent au catastrophisme. Nous pensons même que l'exagération de la rupture par catastrophisme est utilisée comme modalité systématique de la médiation.

C'est dans la situation Dibona-TG que nous avons trouvé les exemples les plus caractéristiques de « *rupture exagérée* » dans la mise en récit. Nous les avons mis en évidence grâce aux indicateurs *Catas* (critère « *Obstacles* ») que nous avons croisés avec les indicateurs de rupture (*Rupt-Nom* et *Rupt-Hist*, du critères « *Rupture* ») (voir 9.3.3 page 585).

> « ce granite il a pas 60 ma , il a 320 à 280 ma , on est début de la deuxième moitié de l'ère primaire, il y a très longtemps » TG-Th4
>
> « alors les géologues se sont penchés, qu'est-ce qu'il y a eu au début de la 2eme moitié de l'ère primaire ? » TG-Th5
>
> « alors ça va être relié à ça, hein » TG-Th6
>
> « Ils sont rendus compte que, à cette époque là on avait sur notre planète une gigantesque montagne, qui venait de se former, et cette grande chaîne de montagne, qui va se former au milieu de l'ère primaire, d'accord, est une grande chaîne de montagne dont on a retrouvé les vestiges des Appalaches en Amérique du nord jusqu'en Oural en passant par le Massif Armoricain, le Massif Central, le Massif des Maures, et je remonte dans les Alpes, c'est pas moi qui le dit, c'est les roches, dans les Ardennes et jusqu'à l'Oural » TG-Th7

La rupture, qui se fait ici par l'intermédiaire d'une analepse (voir chapitre 8 page 423) renvoie à une époque antérieure à la formation du granite de la Dibona. Le médiateur TG vient de montrer que le granite de la Dibona, s'il se trouve au cœur des Alpes, n'en est pas pour autant alpin. Il faut donc, comme le médiateur le signale :

> « [...] chercher une histoire bien plus ancienne, puisque les Alpes ici se sont formées je dirai principalement durant l'ère tertiaire, c'est à dire il y a un peu moins de 60 ma » TG-Th3
>
> « ce granite il a pas 60 ma, il a 320 à 280 ma, on est début de la deuxième moitié de l'ère primaire, il y a très longtemps » TG-Th4

Ce n'est qu'ensuite qu'il engage une analepse pour remonter à une époque antérieur à la formation du granite. Cette remontée conduit les spectateurs dans un univers que nous considérons comme exagéré[4] :

> « [...] à cette époque là on avait sur notre planète une gigantesque montagne, qui venait de se former(...) » TG-Th7

Trois points attirent notre attention dans cette phrase :

- Les termes « *à cette époque*[5] » tendent à placer le spectateur dans l'instant ; de l'instant, le spectateur peut très vite aller à l'*immédiat*, qui dans le contexte de la géologie relève facilement du catastrophique. Mobiliser l'instant est donc délicat et pour tout dire peu judicieux.
- « *une gigantesque montagne* » : la taille de la montagne n'a que peu d'importance dans le problème géologique qui est en jeu. Que cette montagne

4. Nous prenons ici le terme « exagéré » dans sa signification : « *qui présente un aspect excessif* ». Si nous disons que le médiateur exagère, nous voulons dire qu'« *il présente (à quelqu'un) un aspect de quelque chose comme plus important qu'il n'est réellement* ». in CNRTL : http://www.cnrtl.fr/definition/exagéré – consulté en Fev 19.

5. Si le terme « *époque* » renvoie aussi bien en histoire qu'en géologie à un « *espace de temps* », il est associé dans le sens commun à un « *instant déterminé, point fixe dans le temps et servant de point de repère ou de départ* » (CNRTL ; http://www.cnrtl.fr/definition/époque ; consulté en Fev 19). Il semble donc nécessaire d'y avoir recours avec prévoyance.

soit de très grande taille ou non n'est pas une information fondamentale dans l'explication qui est engagée ici. C'est selon nous une exagération par effet médiatique : une immense montagne doit attirer davantage l'attention qu'une petite colline. Mais en mobilisant des objets géologiques démesurés, le médiateur tend à donner l'impression d'un passé qui ne répond pas aux mêmes règles que l'actuel. Cela remet en cause implicitement le principe de l'actualisme qui est pourtant largement utilisé dans tout le discours.

- « *vient de se former* » est une autre forme de l'instantanéité. Nous sommes là dans le temps du modèle. Le médiateur promène son public dans un passé modélisé, dans lequel le temps est suffisamment compressé pour que les phénomènes saccadés apparaissent comme continus. Nous pensons qu'une telle compression des temps, comme nous avons pu le dire dans la section 7.1.1.2 page 394, conduit à un effet de mouvement qui ne correspond pas au réel. Et dans l'actuel, de tels mouvements n'ont aucun sens.

Cette formulation du médiateur traduit selon nous, non pas une maladresse de sa part, mais davantage une nécessité d'offrir à son public les éléments indispensables d'une narration : *l'instant* (seul entité perceptible du temps), *l'émotion* (contrainte médiatique), *l'action* (unité de mise en récit, autour de l'intrigue).

Mais n'est-il pas possible pour le médiateur d'envisager de répondre à ces contraintes tout en prenant en compte les obstacles associés à la pensée catastrophiste ?

Dans la situation Fournel-RC, le médiateur semble avoir trouvé un moyen de répondre à ces contraintes médiatiques, qui restent fortes, en mobilisant la fiction dans une forme d'anthropomorphisme qui semble assumé et en tout cas partagé par le médiateur avec son public [6]. Analysons ce passage du discours de RC.

Le contexte est celui des marnes à Globigérines. Le médiateur RC a exploré avec son public, les divers « *cailloux* » qui jonchent le sols et qui peuvent renseigner sur les modalités de la déformation qu'ont subit les terrains lors de la formation des Alpes. L'observation de petites rayures à la surface des pierres permet de proposer une déformation des terrains selon un axe est-ouest. Pour faire la synthèse de ce phénomène de déformation, le médiateur procède à une sorte de mime :

6. Il y a là, probablement un effet du *contrat de communication* qui autorise tacitement l'usage, par le médiateur, de procédés discursifs destinés à mieux se faire comprendre.

```
« donc ce qui est intéressant, c'est d'avoir déjà, d'avoir la notion »
   RC-HC163
« mais là on a écrasé en faisant ça » (mouvement de la main) RC-HC164
« ou ça » (mouvement de la main) RC-HC165
« donc quelqu'un est arrivé » RC-HC166
« quelqu'un entre guillemets » RC-HC167
« on est entre nous » RC-HC168
« ne le répétez pas, hein » RC-HC169
« quelqu'un est arrivé » RC-HC170
« qui s'est posé la dessus » RC-HC171
« et puis qui t'as écrasé tout ça en avançant » RC-HC172
« et je t'avance là-dessus » RC-HC173
« donc c'est une proposition que l'on peut faire » RC-HC174
```

En même temps qu'il explique ce mécanisme de déformation, le médiateur fait des gestes qui portent son propos (voir figure 7.2.3).

RC a recours dans cette situation à une exagération volontairement très saillante, qui tient presque du grotesque, à tel point qu'il ajoute à son explication une formulation humoristique :

« quelqu'un entre guillemets (RC-HC167) on est entre nous (RC-HC168) ne le répétez pas, hein(RC-HC169) »

Cette façon de poser son discours dans le champ humoristique suppose qu'il n'est pas dans le sérieux, et pourtant ce qu'il dit peut aisément être considéré comme une explication valable. Cette subtilité de langage nous parait être le moyen utilisé par RC pour prendre en charge les obstacles associés aux temps du modèle : *continuisme*, *catastrophisme*, *temps courts*. Le fait que sa métaphore « *animée* » soit à ce point « *saillante* » indique clairement à son public qu'il n'est pas dans une modélisation géologique. Il est selon nous dans une forme de *mimesis*, inscrite dans une *fiction*. Nous reviendrons sur ce point important dans la partie 9.3 page 460.

En conclusion, le catastrophisme se présente comme un obstacle important associé à la mise en récit. Non seulement la narration, qui caractérise la médiation scientifique a tendance à mobiliser le dramatique, l'émotionnel, qui conduit aisément au catastrophique ; mais de plus, la rupture, qui permet la mise en récit, tend à se mettre en place par une exagération des événements, ce qui renvoie également au catastrophique. Mais quand l'exagération est engagée dans le cadre d'une fiction qui se déclare comme telle, l'obstacle du catastrophisme semble moins présent. Il semblerait donc bien, comme nous l'avons posé en hypothèse, que la fiction soit un moyen efficace pour envisager des mondes possibles, sous contrôle (voir partie 9.3 page 460).

Concordance et rupture sont donc différemment prises en charge par les médiateurs. Nous remarquons que la rupture est fréquemment utilisée pour engager des problématisations, mais celles-ci sont principalement de type fonctionnaliste, ce qui nous pousse à conclure que ces formes de rupture ne concernent pas directement le déroulement de l'histoire, mais plutôt les phénomènes qui sont nécessaires à sa

construction.

Nous avons également pu mettre en évidence que la prise en charge de l'obstacle « catastrophisme » n'est réellement visible que dans la situation Fournel-RC par le recours à une forme de fiction, sur laquelle nous aurons à revenir en détail dans les lignes qui suivent.

Il nous reste avant cela à considérer un dernier aspect associée à la dimension évolutive du récit, qui impose une direction aux événements, et qui constitue selon nous un autre obstacle important dans les situations de médiation géologique.

7.2.2 Le récit finaliste : le piège du directionnalisme

Le finalisme est un obstacle important de la géologie, particulièrement dans sa dimension historique : le sens commun attribut trop facilement un but aux événements qui se déroulent dans les temps linéaires. Nous souhaitons analyser cette aspect du récit en posant comme point de repère le « directionnalisme » que l'on retrouve à la fois dans la théorie de l'évolution et dans la construction de tout récit. Notre analyse se décompose en deux thèmes : (a) la direction du récit ; (b) la cause motivée.

7.2.2.1 La direction du récit

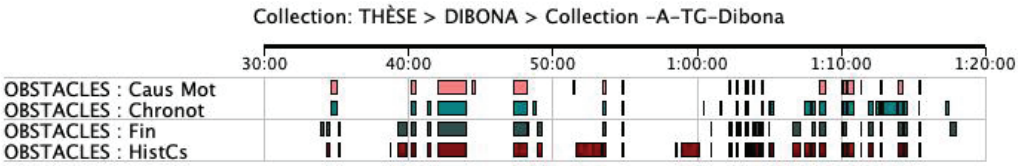
Afin de trouver des formes de *directionnalisme* au récit, nous nous sommes appuyés sur les travaux de Ricœur (1983) qui définit le récit comme ayant un *début*, un *milieu* et une *fin* ; ce qui détermine une *direction* au récit [7]. Nous avons donc pour cela procédé à une recherche des indicateurs de *finalisme* : nous considérons ici le finalisme dans une acception large, qui inclut le *directionnalisme*, la *cause motivée, l'historicisme et le continuisme* (critères Obstacles ; voir le codage des indicateurs 9.3.3 page 585). Cela nous a permis de montrer que les récits des médiateurs ont tendance à se construire en suivant un but dirigé vers le présent, ce qui selon nous met à mal la *contingence*, et donc la construction historique. Nous montrerons dans cette partie comment le médiateurs TG gère cet obstacle dans la situation de reconstitution de l'histoire géologique de l'aiguille Dibona.

Nous avons pu montrer auparavant que reconstituer l'histoire géologique de la Dibona se fait difficilement à partir des éléments du registre empirique. Les modèles théoriques sont très présents dans le discours du médiateur TG et constituent les éléments de référence de la construction de son histoire géologique. Il y *donc* une

7. Cela ne signifie pas que le récit, dans son architecture, est dirigé et organisé autour d'un début, un milieu et une fin. Nous signifions ici que c'est plutôt ce que construit le récit (l'ensemble des événements configurés résultants) qui détermine cette organisation en trois temps. De ce point de vue, l'organisation du récit peut être volontairement désorganisée par son auteur pour diverses raisons, dont notamment celle de produire du disparate afin de créer un effet de réel.

tendance au récit modélisé comme nous l'avons déjà évoqué. Nous allons ici plus loin dans l'analyse de la mise en récit qui est faite par TG en appui sur ces modèles « historisés ».

FIGURE 7.2.4 – Finalisme dans le discours du médiateur TG



Parmi les différents résultats obtenus (voir fig 7.2.4) par mise en œuvre des indicateurs de finalisme, nous avons choisi un passage dans lequel le médiateur explique le processus d'érosion qui a affecté la chaine hercynienne :

> « bien, cette montagne là, à partir du milieu de l'ère primaire, qu'est-ce qu'elle va subir ? » TG-Eh6
>
> « eh bien une montagne, une fois qu'elle s'est soulevé, y a plus qu'une chose qui peut lui arriver c'est d'être grignotée par l'érosion » TG-Eh7
>
> « ah l'érosion ! Y a pas que les montagnes qui la subisse ! héhéhé » TG-Eh8
>
> « l'érosion, ...on grignote la montagne » TG-Eh9
>
> « mais je vais la grignoter par dessus » TG-Eh10

La caractéristique de l'histoire que reconstitue TG est qu'elle est « dirigée vers la fin de l'histoire » : le récit géologique de TG se construit sur une succession d'événements dirigés vers l'actuel, qui prend valeur de fin de l'histoire. Il y a là une *direction* qui est donnée au récit mais qui tend à passer pour une valeur intrinsèque du récit et non comme un cadre méthodologique permettant la reconstitution des événements. Or la direction du récit, ce qui dans le sens commun est désigné par le « temps qui passe » n'est pas une *condition de possibilité* du récit mais bien plus une résultante de sa mise en œuvre. Le médiateur ne doit donc pas reconstituer une histoire géologique dirigée, il doit reconstituer des événements qui s'organisent en cohérence au sein d'un récit. C'est de ce récit qu'émerge un « temps qui passe ». Expliquons-nous davantage à partir de l'exemple que nous avons choisi d'analyser :

Après une analepse qui fait remonter l'histoire vers le milieu de l'ère primaire, le médiateur « re-déroule » le temps dans le sens chronologique. Il utilise un questionnement, qui crée une tension de narration transitoire, et qui dirige son récit vers ce qui « doit se produire » :

> « bien, cette montagne là, à partir du milieu de l'ère primaire, qu'est-ce qu'elle va subir ? » TG-Eh6
>
> « eh bien une montagne, une fois qu'elle s'est soulevée, y a plus qu'une chose qui peut lui arrivé c'est d'être grignotée par l'érosion » TG-Eh7

Une telle formulation traduit le fait que le médiateur ne raconte pas ici l'histoire de la Dibona mais l'histoire des objets du modèle fonctionnaliste du massif de la Dibona. Et la nuance a son importance, car le modèle agit de façon « dirigiste ». Il ne raconte, par définition, qu'une seule histoire ; et en conséquence, dans nos situations de terrain, le public est contraint de s'en tenir à celle-là. Le fait qu'il soit possible de raconter une multitude d'autres histoires est peu ou pas envisagé. Nous n'avons pas trouvé cette aspect de l'histoire alternative dans le discours de TG (voir plus loin pour ce qui concerne le discours de RC). Pourtant, cette dimension, qui ne correspond par à la *contingence*, mais davantage à une *alternativité* de l'histoire, nous parait fondamentale dans la mesure où elle traduit la perspective depuis laquelle le récit est reconstitué. Si ce récit est construit pour advenir de telle manière que se produit une histoire déjà racontée, la contingence disparait et laisse le champ libre au *« destin »*, qui « *tue* » véritablement l'histoire. Même si le public peut se douter que cette histoire géologique existe déjà (parce que les géologues l'ont reconstitués) la mise en récit dans cette situation de médiation scientifique impose un « *effet de contingence* » qui place le spectateur dans une attente de ce qui « va se produire ». Tout récit, même raconté 100 fois, place celui qui le (re-)découvre dans un passé vierge d'événements. L'*effet de contingence* le place, malgré sa connaissance de la fin de l'histoire, dans la situation d'espérer une fin alternative. C'est là une force du récit que de produire cet effet de contingence. Nous pensons que l'usage du récit en médiation scientifique trouve dans ce cas une justification méthodologique de poids : mobiliser le récit, c'est construire de la contingence pour reconstituer les événements du passé. Mais nous voyons que son usage n'est pas aisé. Les constructions chronotropes et directionnalistes du récit font en effet obstacle à la contingence. Ces obstacles trouvent leur origine dans le recours exagéré aux modèles fonctionnalistes dans la construction des événements géologiques.

Dans la situation Fournel-RC, il a été possible d'isoler des formulations sensiblement différentes du directionnalisme engagé dans les récits. En effet, à plusieurs reprises, le médiateur envisage des « *conclusions alternatives* » qui donneraient potentiellement une autre direction à l'histoire. Il y a là un réel « *effet de contingence* » qui ouvre à d'autres possibles, et qui montre que l'histoire qui est en cours de construction n'est pas une histoire fermée ; elle bel et bien « en construction ». Revenons sur un passage que nous avons déjà cité (RC explique le contact anormal entre les terrains du tertiaire et ceux du primaire, directement en dessous) :

« et là c'est quand même bizarre » RC-N219
« on se retrouve d'emblée par dessus les terrains du socle de l'ère primaire, par des terrains du tertiaire » RC-N220
« où est passé le secondaire ? » RC-N221
« il est pas là, y en a plus » RC-N222
« y en a pas » RC-N223
« alors est-ce qu'il y en a jamais eu ? » RC-N224
« s'il y a eu des terrains de l'ère secondaire, on en connait beaucoup dans d'autre régions, et bien c'est qu'ils ont été décapé par l'érosion » RC-N225
« ils ont existé et ils ont été décapés » RC-N226
« ou alors ils ont jamais existé » RC-N227

Dans ces explications, RC utilise les termes « *ou alors* » (RC-N227) qui caractérisent selon nous sa volonté de ne pas enfermer cet épisode dans une histoire considérée comme « accomplie ». Il crée ainsi un effet de « suspens » qui passe ici pour une sorte d'hypothèse provisoire dans son investigation de terrain. La forme de son discours suppose qu'une telle formulation est un effet de mise en scène.

Une autre forme de l'alternativité des événements est utilisée par le médiateur RC quand il envisage le sens de déformation des terrains suite au déplacement des unités briançonnaises lors de la tectonique alpine.

« ce qui fait qu'il y a une petite boule et puis de l'autre coté, ce qui fait un espèce de losange d'un coté, un losange de l'autre coté » RC-HC156
« ça nous indique quoi » RC-HC157
« ça nous indique un sens de mouvement » RC-HC158
« c'est ça ou ça » RC-HC159
« j'ai pas la direction » RC-HC160
« (si y a les deux renflements) c'est que ça a fait les deux » RC-HC161
« ça peut faire les deux effectivement » RC-HC162

Dans cet autre exemple, RC envisage un sens de déplacement mais laisse le doute sur la direction. Il montre ainsi de façon ostensible sa méthode d'investigation par abduction (il « remonte » vers des événements contraints par un registre empirique localisé dans l'espace et le temps).

Pour conclure, nous souhaitons insister sur le fait que la mise en récit, dans les situations de médiation géologique de terrain que nous avons analysées, se confronte à un obstacle important, qui s'impose à toute reconstitution historique : l'*obstacle directionnaliste*. Nous l'avons mis en évidence dans la situation Dibona-TG dans laquelle le recours aux modèles fonctionnalistes poussent le médiateur à user préférentiellement d'une histoire déjà racontée. C'est un modèle historisé qui se met alors en place et qui s'organise savamment pour avancer vers une fin d'histoire pré-définie. Dans la situation Fournel-RC, le médiateur a recours à ce que nous avons désigné par un « *effet de contingence* » qui donne à l'histoire une forme d'alternativité. Elle ne se raconte donc pas comme une histoire déjà écrite mais comme une histoire re-construite à l'occasion.

L'obstacle « directionnalisme » correspond donc à l'usage d'un finalisme historique, que l'on pourrait qualifier de *téléologique*. Le *récit téléologique* se construit comme irrémédiable : il est irrémédiablement dirigé vers sa fin, son destin, qui est confondu avec l'actuel. Un tel obstacle se nourrit selon nous d'un « *factualisme* », une forme de centration sur les faits au lieu d'une centration sur leurs causes[8]. La construction de l'histoire, en se focalisant exagérément sur la démarche fonctionnaliste, mobilise la causalité dans cette seule démarche. Dès lors l'histoire, en ne participant pas à cette recherche de la causalité, ne se construit pas comme une explication. C'est un peu comme si le médiateur utilisait une démarche fonctionnaliste pour remonter aux causes mais restreint le récit à sa seule capacité de « synthèse de ce qui s'est produit ». Le récit est ainsi écarté : il est perçu comme n'étant pas un outil de la science. Nous avons pourtant montré que le discours des médiateurs est très fortement structuré autour de récits, sous diverses formes et à différentes échelles et qu'il ne joue pas seulement un rôle de média, mais qu'il est bel et bien une méthodologie de reconstitution de l'histoire géologique.

Parmi les raisons d'une telle mise à l'écart du récit, nous souhaitons évoquer maintenant la problématique de *l'intentionnalité* dans les règles de causalité qui gouvernent les récits. Nous pensons en effet qu'une autre forme de l'obstacle « *finalisme* » s'ajoute aux difficultés de mise en récit et que nous avons nommée « *cause motivée* ».

7.2.2.2 Récit et obstacle de la « cause motivée »

Nous avons eu l'occasion d'analyser dans notre cadre théorique, la confusion qui peut s'opérer dans la mise en récit, entre la *cause* et le *motif*. Il existe d'après nous, dans une telle approche de la *raison* des faits un risque fort de confondre les formes de causalité. Nous avons dit, dans le paragraphe précédent, en quoi le finalisme nourrit les récits téléologiques. Nous pensons que les récits téléologiques trouvent également leur origine dans cette confusion cause/motif.

Pour mettre en évidence la façon dont les médiateurs prennent en charge cette difficulté liée à la confusion cause/motif, nous avons recherché les indicateurs « Caus Mot » (critère « Obstacles » voir 9.3.3 page 585). Parmi les résultats obtenus nous avons sélectionné quelques exemples caractéristiques que nous analysons ci-dessous.

Dans la situations Fournel-RC, la causalité motivée est assez fréquemment utilisée, notamment dans les passages qui mobilisent des formes d'anthropomorphisme ou d' « animisation » des objets géologiques. Dans ces contextes, le médiateur utilise les objets géologiques comme des acteurs qui sont un peu ses « marionnettes » et qu'il anime et fait parler :

8. Une telle mobilisation des faits au lieu des causes pour construire le récit explicatif renvoie à la notion de « *métalepse* » développée par Genette (2004).

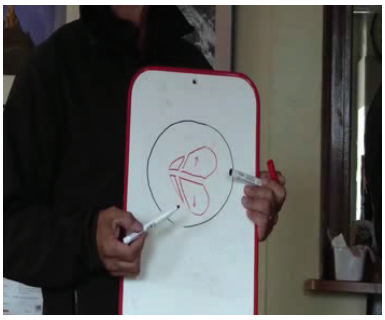
> « donc vous voyez que la nummulite nous dit oh mais grâce à moi tu peux raconter à tout le monde que le bassin dans lequel s'est déposé ce calcaire était un bassin faiblement profond » RC-N206

ou encore :

> « et ces nummulites nous disent : pas profond » RC-N249
> « et en plus elles nous disent : oui mais à un moment donné, y quelqu'un qui m'a marché dessus, et oui parce qu'elles sont un petit peu écrasées » RC-N250

Le risque dans de telles analogies, qui s'apparentent à des *métonymies*, est de confondre la *causalité* associée aux objets géologiques avec les *motifs* d'agir des personnages censés les représenter. Ainsi, ce qui relève de la raison, au sens de nécessité, tend à être substitué par la raison, au sens de motif renvoyant à une intention. Tant que le médiateur reste dans un forme évidente de fiction, cela ne semble pas poser de problème. La mise en scène des nummulites par RC parait de ce point de vue sans équivoque. Mais dans le contexte fictionnel du modèle explicatif, cette confusion semble davantage disposée à s'imposer au raisonnement.

FIGURE 7.2.5 – Le « ballet des continents » dans le discours de TG



Ainsi, dans la situations Dibona-TG, les objets géologiques sont considérés comme des objets animés par eux-mêmes (voir fig 7.2.5). Le médiateur de ce point de vue se place comme un intermédiaire et fait se déplacer les continents « comme ils se sont déplacés dans la réalité ». Le médiateur TG utilise donc ici un modèle simplifié de cinétique de la tectonique des plaques, qu'il adapte en mobilisant des continents plutôt que des plaques lithosphériques. Le médiateur fait quelques métaphores qui « fictionnalisent » ces objets. Cela semble destiné à faciliter la compréhension du mouvement des continents :

« et pour se rapprocher, ils vont devoir dans un premier temps, obliger le plancher de l'océan alpin à disparaître en profondeur » TG-F-Oa5

« alors l'Afrique pour se rapprocher de l'Europe, c'est un continent qui est tellement gros et tellement lourd, qu'il a du mal à se déplacer » TG-F-Oa6

« l'Europe elle descend tranquille pépère, mais l'Afrique a du mal, donc l'Afrique va nous envoyer ses troupes légères en éclaireur vers l'Europe » TG-F-Oa7

Tout comme RC (dans une autre situation cependant), le médiateur TG exagère la métaphore à tel point que le public ne peut confondre les causes qui sont à l'origine des phénomènes géologiques présentés avec les raisons/motifs que l'on pourrait attribuer à ces « personnages géologiques ». Nous voyons là indéniablement les efforts faits par le médiateur pour se faire comprendre de son public. Les métaphores sont d'un usage courant dans les médiations ; nous ne sommes pas surpris de les trouver dans un tel contexte. Leur utilisation n'est cependant pas à rattacher seulement aux contraintes médiatiques. En mobilisant des objets fictionnels, le médiateur impose un registre théorique fort, qui peut être considéré par le public comme complexe (la cinétique des plaques lithosphériques n'est pas un concept aisé car il mobilise une vision dans l'espace, la translation des objets étant en réalité des rotations), mais qui, par le recours aux schémas, et leur mise en scène par des métaphores, est plus accessible.

Il ressort d'une telle analyse que la cause motivée est une forme de directionnalisme naïf qui s'insère facilement dans les modèles. Les médiateurs parviennent à en contrôler les dérives semble-t-il en exagérant les analogies et métaphores à tel point que le spectateur sait que le médiateur ne dit pas le mécanisme tel qu'il est en réalité. L'explication se construit via une formulation qui montre (et le médiateur joue avec) qu'il s'adapte à son public. Car de ce point de vue, le public n'a pas seulement besoin que le discours soit adapté, il a également besoin d'être mis en confiance vis-à-vis du propos engagé. Tous les éléments du discours susceptibles de lui procurer les éléments certifiant qu'il peut avoir confiance dans son médiateur constituent une preuve de la légitimité de ce médiateur.

L'objectif du médiateur reste cependant de se faire comprendre. Il est donc engagé dans la construction d'un discours *explicatif*. S'il doit reconstituer une histoire, c'est au travers d'une *explication* qu'il le fera. Dans la partie suivante nous étudions le rôle que joue la mise en récit dans cette activité d'explication historique qui doit prendre en charge une forme de causalité exigeante, qui n'est pas seulement construite sur l'objectif de compréhension d'un mécanisme, mais aussi et surtout sur celui de la reconstitution historique. Avant cela, il nous reste à conclure ce chapitre.

CONCLUSION

En conclusion de ce chapitre, nous souhaitons insister sur deux aspects importants de la mise en récit dans les situations de médiation sur le terrain.

Tout d'abord, la mise en récit procure au discours une structuration forte par un jeu d'emboitement des récits qui intervient aussi bien dans l'organisation spatio-temporelle des objets géologiques que dans l'organisation méthodologique du propos.

Ensuite, la capacité du récit à donner une direction aux événements est fortement utilisée dans les discours que nous avons analysés. De ce point de vue, le récit répond à une exigence importante de la géologie historique, qui se construit dans un cadre évolutionniste. Cette dimension correspond à un directionnalisme épistémologique qui dépend d'une contrainte théorique forte : l'histoire en tant que somme d'événements se construit sur une accumulation d'indices. Mais cet aspect directionnaliste fait en réalité très facilement obstacle à la construction narrative de l'histoire géologique. En effet, à l'histoire « dirigée », se substituent aisément des récits téléologiques que les métaphores et autres analogies médiatiques ont tendance à convoquer presque systématiquement, au travers d'une confusion entre les causes géologiques et les intentionnalités de personnages de fiction.

Nos analyses montrent donc que la *prise en charge de la causalité* constitue un élément fondamental de la mise en récit de l'histoire géologique. Dans le chapitre suivant nous allons plus loin sur cet aspect problématique de la construction historique.

FIGURE 7.1.2 – Occurrences du terme « moment(s) » dans le discours de TG

« mais si par un phénomène géologique je diminue cette pression, alors je vais me retrouver avec une température elle qui si elle ne diminue pas d'autant, je vais me retrouver avec à un moment donné, un déséquilibre, où pour une tř encore très élevée, la pression a trop baissé pour garder la roche dans un état solide et à partir de là la roche va se mettre à fondre » TG-M29

« alors pour cela il faut déjà imaginer à quel moment s'est formé ce granite, donc qu'est-ce qu'il faut que je connaisse ? » TG-R2

« c'est à dire ils ont daté le moment où cette roche est passé d'un magma à une roche solide, c'est à dire le moment où le zircon à partir du magma s'est formé » TG-R16

« voilà, et au moment où le magma se fige, et bien, l'uranium commence à se ...comment on pourrait dire, se dégrader par radioactivité, il est radiogénique, ...se désintégrer voilà , je cherchais le mot, il va se désintégrer en un autre élément, et cette désintégration suit un loi physique, c'est à dire qu'elle va se faire à une vitesse à peu près constante » TG-R18

« donc le géologue , qu'est-ce qu'il va mesurer aujourd'hui, il va mesurer le taux de l' élément radioactif par rapport à son produit de désintégration et comme il sait combien de temps il faut pour que telle quantité soit dégradée , après, bon c'est une version très très simpliste que je vous donne, il peut savoir à quel moment, dans l'élément il n'y a pas encore eu de désintégration » TG-R19

« on peut pas aller beaucoup plus haut, parce qu'après, les montagnes au bout d'un moment, c'est un tas de sable, vous rajoutez un grain de sable et ça ...s'empâte sur elle même, alors » TG-Th10

« là, à cette époque là, les plaques vont se rapprocher l'un de l'autre, seulement en se rapprochant, les plaques vont amener les continents également à se rapprocher les uns des autres, les continents étant portés par les plaques, jusqu'au moment où ces continents vont se retrouver nez à nez, et contrairement à ce qu'on raconte aujourd'hui, et à ce qu'on racontait autrefois, les continents ils ne vont pas s'écraser l'un contre l'autre, les continents vont passer les uns sous les autres » TG-Th24

« donc , si je revient à mon schéma, ici, si ces trois continents se sont rapprochés, les continents se sont passé les uns sous les autres, jusqu'au moment où le système se bloquant, qu'est-ce qui s'est passé ? » TG-Th34

« jusqu'au moment où quand tout ça sera remonter, je vais me retrouver avec un continent qui aura été complètement aplani, tout ce qui est au dessus aura disparu, les racines seront remontées, elles font 30 km, et dans ces racines qu'est-ce que je vais avoir, je vais avoir mes petites bulles de granites qui se sont figées au milieu des vieilles roches qui constituaient la croûte continentale » TG-Fuh10

« l'Afrique va se disloquer sur toute sa partie E et toute sa partie N, à ce moment là » TG-F-Oa8

« et puis il y a un morceau qui va partir ici, il va partir à l'est mais il va rencontrer personne, il va s'isoler , tout seul, et il se détache de l'Afrique juste au moment où les premiers mammifères apparaissent, donc lui il part avec ses mammifères, et y a les autres qui restent en Afrique » TG-F-Oa10

« jusqu'au moment où il va se retrouver nez à nez avec l'Europe, là c'est l'Europe qui va lui passer par dessous, et quand l'Europe va passer sous l'Apulie, et que ça va se bloquer, ça va donner naissance à une montagne, qui nous ai oh combien chère, les Alpes ! » TG-F-Oa21

FIGURE 7.1.3 – Le modèle « en accéléré » de la formation des grès/flyschs du Champsaur (situation Fournel-RC)

« qu'est-ce que c'est que ces gros bancs derrière en dessus là ? » RC-F84

« et bien c'est le bassin qui s'est approfondi » RC-F85

« il s'est approfondi alors y a eu des avalanches, des avalanches de graviers, et ça a donné à chaque fois des bancs comme ça là » RC-F86

« vous avez des bancs épais, qui peuvent faire 1,5m d'épaisseur » RC-F87

« c'est une avalanche, vous avez accumulé du matériel puis d'un coup tout ça, ça descend » RC-F88

« ça descend dans les grands fonds et puis ça va vous faire des strates épaisses » RC-F89

« et puis y a plus d'avalanches, qu'est-ce qui se passe ben vous déposez de nouveau vos marnes à Globigérines » RC-F90

« vos argiles, un petit peu de plancton calcaire » RC-F91

« puis de nouveau une avalanche » RC-F92

« et vous avez des alternances de banc de graviers, de sable, épais » RC-F93

« et puis par dessus un petit peu d'argile et puis (un peu de plancton calcaire) » RC-F94

« et puis ça recommence, et ça a recommencé plusieurs dizaine voire plusieurs centaines de fois » RC-F95

« c'est le bassin qui s'approfondi toujours » RC-F96

« et c'est ce bassin qui contenait les calcaire, les marnes et puis ces flyschs, ces bancs de grès en alternance » RC-F97

FIGURE 7.1.4 – Le modèle fonctionnaliste « en accéléré » de l'érosion de la chaine hercynienne, schématisé par TG

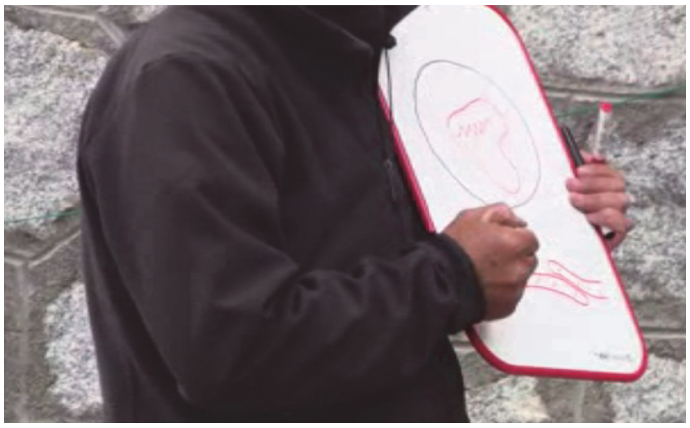


FIGURE 7.2.3 – Le médiateur RC mime la déformation dans les marnes à Globigérines

Chapitre 8

ANALYSE DE LA PRISE EN CHARGE DE LA CAUSALITÉ NARRATIVE DANS LA MÉDIATION SCIENTIFIQUE : RETRODICTION ET DÉMARCHE HISTORIQUE

Dans une première partie, nous analysons comment le récit peut trouver sa place entre un cadre explicatif, qui pose problème pour la reconstitution historique, et un cadre narratif qui tend, selon nous, à simplifier systématiquement l'histoire géologique en une « *petite histoire* » au sein de laquelle la causalité se construit à minima.

Dans une seconde partie, nous montrons que le recours aux *analepses* vient répondre au besoin de « *fouiller* » le passé, mais que les modalités de leur mise en œuvre tendent à rester enfermées dans le modèle explicatif qui ne laisse pas sa place à la contingence, contrainte majeure de la reconstitution historique.

8.1 LA MISE EN RÉCIT : ENTRE EXPLICATION HISTORIQUE ET CHRONOTROPE

Nous souhaitons montrer dans cette section que les mises en récit, dans les situations de médiation que nous avons analysées, prennent des formes hybrides

entre explication et histoire. Pour cela, nous articulons notre propos en deux parties.

Dans la première, nous analysons en détail les modes de construction des récits explicatifs mis en œuvre par les médiateurs. Cette partie nous permet notamment de montrer que l'explication se construit difficilement comme historique et que, dès lors qu'elle mobilise la temporalité, elle tend à produire des formes affaiblies de l'histoire : des *chronotropes*.

Dans la deuxième partie, nous montrons que les médiateurs engagent difficilement les objets géologiques de terrain dans une véritable problématisation historique et de ce fait ont tendance à « *phénoménaliser* » les événements géologiques.

8.1.1 Récit explicatif, méta-récit et récit méta-didactique

Notre analyse de la mise en place des récits explicatifs dans le discours des médiateurs met en évidence un besoin de construire une scientificité du propos, qui prend la forme d'une posture « *méta* » du médiateur, d'une réticence des phénomènes géologiques à devenir des événements[1], ou encore d'une difficulté d'engagement dans la problématisation historique. Nous souhaitons montrer ici le rôle que jouent des types de récits emboités de niveau supérieur, les *méta-récits* et *récits méta-didactiques*. Nous précisons avant toute chose, et cela nous parait fondamental, que ce niveau d'emboitement « supérieur » ne se fait pas dans la même dimension que les autres emboitements. Les récits-cadre, récits-encadrés et micro-récits sont des récits qui s'emboitent dans une dimension —spatiale/temporelle, et/ou méthodologique — alors que les récits méta sont situés eux à un autre niveau d'emboitement, une sorte de dimension « surplombante » à l'emboitement. Nous considérons de ce fait que les méta-récits et récits méta-didactiques, qui ne font pas partie des univers construits par les récits emboités, répondent à des enjeux différents de ceux de l'histoire géologique.

Les méta-récits racontent l'organisation de la narration : le médiateur dit comment il construit son histoire. Il embarque éventuellement avec lui son public, ou d'autres personnes comme co-narrateurs. Dans les récits méta-didactiques, le médiateur dit comment il mobilise les objets géologiques comme objets de science. Ainsi, le méta-narratif relève paradoxalement de l'explicatif ; le récit méta-didactique relève, lui, du narratif. Expliquons-nous. Le *méta-narratif* est engagé dans l'explicitation du « *comment raconter* ». En ce sens, il relève de l'explicatif : il *explique* les modalités qui permettent de reconstituer/raconter l'histoire. A l'inverse, le *récit méta-didactique* correspond à l'engagement d'une *narration* dans un registre explicatif : l'histoire raconte alors comment expliquer. Les positions « surplombantes » des emboitements méta font que les *perspectives* (expliquer vs raconter) s'inversent.

1. Il est même possible de voir une *reconversion* des événements en phénomènes. Nous montrerons plus loin que ce cas de figure se présente dans ce que nous avons nommé la « *phénoménalisation des événements* » (voir la section 8.1.2 page 426)

Nous avons mis en évidence, principalement dans la situation Fournel-RC, des formes de récits qui nous paraissent caractéristiques des efforts produits par le médiateur pour amener son public à explorer le réel. RC a recours, à plusieurs reprises, à des formes de *méta-récits* qui constituent d'après nous des indicateurs de sa volonté de bien se faire comprendre. En indiquant comment il envisage de construire le récit géologique du vallon du Fournel, il cherche à montrer ostensiblement le soin qu'il prend à raconter et expliquer :

> « puisque les géologues sont des gens frustes, capables d'utiliser les ordinateurs, mais aussi appliquant des principes simples » RC-BC13
> « en disant lorsqu'on a des terrains déposés les uns en dessus des autres, il est logique de penser que les plus anciens sont dessous, ils se sont déposés les premiers » RC-BC14

C'est une façon pour lui de placer dans son discours des éléments légitimant sa parole. C'est aussi une façon de montrer qu'il fait l'effort d'adapter le discours avec les formes caractéristiques de la vulgarisation scientifique qui sont repérées comme telles par le public d'amateurs et qu'il suppose être mobilisées spécialement pour lui : reformulations, analogies et métaphores, anecdotes...

> « qu'on appelle des... pardonnez moi les noms,... Globigérines » RC-HC46

Le public reconnaît ainsi aisément ce discours comme à la fois scientifique (porteur d'éléments de savoirs scientifiques) et adapté à des amateurs (ces savoirs vont leur être accessibles, car il y a un effort de simplification).

Enfin le discours s'inscrit dans ce que nous pourrions nommer un « *récit de l'instant* » : c'est l'histoire vécue sur le moment par le groupe réuni dans ce vallon pour faire de la géologie de terrain. C'est au sein de ce récit de l'instant que se mettent en place les éléments méta du discours :

> « on va voir ces terrains schisteux » RC-BC18
> [...]
> « on va monter un petit peu » RC-G64
> [...]
> « on est bien dans notre paysage » RC-BC25
> [...]
> « essayera de les interpeller » RC-BC29

L'activité de terrain se construit donc elle aussi comme un récit, mis en scène principalement par le médiateur, mais également par le public ; c'est du moins comme cela que le médiateur présente les choses (car c'est en fait lui qui est actif, même s'il sollicite le public pour qu'il participe activement).

Le recours à des procédés « *méta* » dans le discours du médiateur semble être très fortement associé au besoin de se faire comprendre dans la construction des explications. Mais le « *méta-didactique* » nourrit surtout l'approche fonctionnaliste,

et peu les modalités de construction de l'histoire. Et si le « *méta-récit* » permet de dire comment la narration va se construire, elle ne se pose pas pour autant comme une méthodologie du récit. C'est pourtant ce que l'on pourrait attendre du méta-récit dans un tel contexte. Il s'agit en effet pour le médiateur de produire une histoire géologique sur la base d'indices que lui fournissent le cadre théorique (géologie des Alpes, présenté en introduction par RC) et le registre empirique exploré à l'occasion de cette sortie géologique. En dévoilant comment il procède avec de tels indices, le médiateur donne accès à la compréhension de l'histoire géologique, à l'image d'un détective qui s'explique sur sa façon de reconstituer les faits sur la base d'indices récoltés « *in situ* ».

Ces procédés « *méta* » montrent donc la préférence du médiateur à justifier et organiser ses explications plutôt que l'histoire qu'il souhaite construire. Si RC a présenté en introduction le cadre méthodologique qu'il comptait suivre (et sur ce point, nous voyons dans quelle mesure il tient compte de la démarche historique que lui impose la situation), ce cadre méthodologique s'atténue au fur et à mesure que le fonctionnalisme s'impose dans chacune des explications associées aux affleurements explorés.

Cela nous amène, dans la section suivante, à nous interroger sur la méthodologie de la construction des événements géologiques au travers de la problématisation historique.

8.1.2 Le difficile engagement des objets géologiques dans la problématisation historique conduit à des événements « *phénoménalisés* »

Le fait, comme nous l'avons dit dans la section précédente, que le *méta-narratif* soit peu exploité nous conduit ici à analyser dans le détail la *nature des événements* reconstitués par le médiateur. En effet, pour se construire comme une véritable histoire géologique rationnelle, le récit doit mettre en place des événements qui répondent à des contraintes historiques, et pas seulement à des contraintes fonctionnalistes. Il ne s'agit pas pour le médiateur de décrire les mécanismes, des processus géologiques qui interviennent dans l'histoire, mais de reconstituer cette histoire, d'une part dans sa temporalité (nécessité de databilité) et d'autre part dans son historicité (nécessité d'une antériorité relative des événements). C'est à ces conditions que l'histoire géologique peut acquérir selon nous son plus haut niveau de rationalité.

Dans la situation Fournel-RC, nous avons pu mettre en évidence qu'une forme de problématisation se met en place autour de la mise en intrigue : les indices géologiques sont confrontés entre eux, mais également avec le cadre théorique mis en place dès le début de l'intervention (ce sont les éléments théoriques de référence

du récit-cadre) :

```
...et puis voir s'il y a des déformations » RC-BC33
```

Le registre théorique posé par le récit-cadre permet d'envisager des indices de terrain, sous forme d'hypothèse : le médiateur recherche des indices de terrain (dans ce cas précis : des déformations) qui seraient indicateurs de phénomènes tectoniques à l'origine des structures visibles sur le terrain. Dans cette situation précise la problématisation se fait selon un mode hybride, entre *fonctionnalisme* et *historicisme*. Nous les présentons en deux temps : (a) Une problématisation fonctionnaliste qui met en place une phénoménologie et initie une démarche historique ; (b) Une problématisation historique très discrète.

Une problématisation fonctionnaliste qui met en place une phénoménologie et initie une démarche historique. Le médiateur RC, après avoir exploré l'affleurement de calcaire à nummulites se retrouve avec son public face aux schistes à globigérines. Il présente ici une sorte de questionnement qu'il convient de se poser devant un tel affleurement :

```
« est-ce qu'ils contiennent des bébêtes qui nous raconteraient quelque
chose » RC-BC32
```

Le raisonnement que traduit une telle formulation est une forme hybride entre un mode *hypothético-déductif* et un mode *abductif*. En effet la question « *est-ce qu'ils contiennent...* » correspond à l'explicitation d'une hypothèse scientifique, posée sous la forme d'une conséquence vérifiable et qui est utilisée selon un double processus :

1. « *si* l'on trouve des "bébêtes" » *alors* ... » : caractérise un raisonnement hypothético-déductif, qui mobilise l'actualisme (phénomène de fossilisation notamment) qui procède à une « vérification »
2. une initiation de *l'abduction* : la présence de « bébêtes » traduira un phénomène qui leur a donné naissance dans le contexte singulier de cet affleurement.

Ce double processus montre que la démarche historique se construit :

- ≻ d'abord sur une *phénoménologie* : besoin de cerner le processus impliqué et de vérifier si le cas étudié s'y rattache par un raisonnement hypothético-déductif, ce que nous considérons comme *« une entrée dans le problème par le phénomène »*
- ≻ ensuite sur une *abduction* : besoin de remonter des indices vers les processus, ce que nous pourrions considérer comme « *une entrée dans le problème par les indices*[2] »

2. Nous devons ici faire une remarque quant à la tendance qui pourrait conduire dans un tel

Nous notons également dans ces formulations le recours semble-t-il volontaire à une forme de réticence du discours qui « ne dit pas tout » et reste flou : *« ...qui nous raconteraient quelque chose » RC-BC32*. À la question *« est-ce qu'ils contiennent des bébêtes... ? »* le public semble poussé à répondre oui, sinon le médiateur ne la poserait pas ! De même, ces *« bébêtes »* pourraient *« raconter quelque chose »*. Une telle réticence met en place un suspens dans le récit en construction : une tension naît entre les indices de terrain et le cadre théorique qui est utilisé pour les penser.

Enfin, dans l'extrait suivant, nous avons repéré l'utilisation d'un actualisme d'analogie, qui place le discours du médiateur dans une approche principalement fonctionnaliste : le problème posé ici est celui de la sédimentation des argiles. Le médiateur focalise ici son attention sur le phénomène qui permet de comprendre la présence de marnes dans le paysage : il prend pour cela un grand moment (depuis RC-HC21 jusqu'à RC-HC59 = 2min 35 sec) à expliquer la sédimentation des argiles par comparaison avec celle des calcaires. Il ne mobilise ici aucune forme du temps, ce qui traduit la dimension fonctionnaliste du phénomène évoqué :

```
« les argiles généralement, l'observation que l'on fait actuellement du
   dépôt des argiles témoigne pour des bassins assez profonds » RC-HC22
[...]
« si vous augmentez encore la profondeur » RC-HC29
« et bien le plancton calcaire n'arrive pas au fond » RC-HC30
« avant d'arriver au fond il est dissout » RC-HC31
« par la pression partielle du dioxyde de carbone qui est dissout dans
   l'eau de mer » RC-HC32
[...]
```

Cette approche fonctionnaliste l'amène cependant à formuler la conclusion importante d'une telle analyse des indices de terrain :

```
« donc ce sont les marnes à Globigérines » RC-HC59
« on avait les calcaires à nummulites » RC-HC60
« peu profonds » RC-HC61
« ma marne avec de l'argile à Globigérines » RC-HC62
« à ce moment là c'est plus profond » RC-HC63
```

Ce qui le conduit à la conclusion suivante :

contexte à une approche empiriste ou positiviste. La construction préliminaire du phénomène à l'origine de l'indice exclue ici le risque d'une telle approche qui partirait directement des traces de terrain pour en déduire des faits géologiques. L'abduction est donc ici un mode de raisonnement qui prend naissance dans une phénoménologie et procède ensuite en une remontée dans le temps vers les processus à l'origine des indices. Les deux modes de raisonnement (hypothético-déductif et abductif) sont donc utilisés dans une sort de va et vient constamment en tension, dans l'objectif de construire une histoire géologique rationnelle (c'est-à-dire fondée en raison, sur des nécessités fonctionnalistes et historiques).

```
« donc on a là un bassin qui s'est approfondi » RC-HC76
« alors maintenant » RC-HC77
« bon il s'est approfondi, il s'est approfondi » RC-HC78
```

Donc, ici, un problème historique (l'approfondissement du bassin) est ramené à un problème fonctionnaliste. Ce que nous remarquons ici, c'est que le fonctionnalisme s'impose dans le discours bien plus que ne le fait l'histoire. Ce qui nous conduit au second temps nécessaire à la construction de l'histoire : la problématisation historique.

Une problématisation historique très discrète **:** Le temps linéaire nécessaire à la compréhension de l'approfondissement du bassin sédimentaire apparait dans le discours du médiateur comme une évidence : or le passage de *peu profond* à *profond* mobilise « *par nécessité* » un approfondissement. C'est l'antériorité des événements considérés l'un par rapport à l'autre qui conduit à la formulation d'un approfondissement :

- ≻ *En dessous*, on trouve des calcaires à nummulites => *d'abord* la sédimentation est peu profonde
- ≻ *En dessus*, on trouve des schistes à globigérines => *ensuite* la sédimentation est profonde

La mise en œuvre de la problématisation historique se fait ici par mise en tension du *d'abord* et du *ensuite*, c'est-à-dire en fait, une mise en tension entre deux événements qui n'ont pas eu lieu en même temps. Elle se fait comme nous l'avons déjà dit, en deux étapes :

1. *Databilité relative* (intra-temporalité des événements) : la position spatiale relative « *en dessous* » des calcaires à nummulites a pour conséquence de les positionner dans le temps comme dans un « *d'abord* ». De même, les schistes à globigérines, situés « *en dessus* », sont associés à un « *ensuite*[3] ».
2. Mise en tension historique (*Historialité des événements*) : en mettant en tension le « *d'abord* » avec le « *ensuite* », la problématisation construit le questionnement autour de l'ordre temporel de ces événements. Ce questionnement historique qui se pose sous une forme telle que « *Que s'est-il produit entre l'événement "sédimentation des calcaires" et l'événement "sédimentation des marnes à l'origine des schistes"* ? » renvoie directement à la *nécessité d'un approfondissement du bassin*. Cette nécessité est donc

3. Il est évident que ce principe ne s'applique que dans des conditions contraintes : par exemple, il est nécessaire que ces terrains n'aient pas été « renversés » par des processus tectoniques, rendant le principe de superposition inutilisable. Comme nous l'avons déjà évoqué, cette phase du travail de problématisation intervient après un phénoménologie qui a conditionné sa mise en œuvre. Ainsi, le problème de la position relative de ces terrains se pose dans un cadre prédéfini par le fonctionnalisme qui a construit les objets géologiques « *calcaire à nummulites* » et « *schiste à globigérines* ».

à la fois de nature fonctionnaliste (l'approfondissement peut être décrit comme un phénomène —de subsidence par exemple—) et historique dans le sens que l'ordre chronologique des deux événements détermine un « sens » dans le déroulement du changement de profondeur (dans l'ordre inverse, le géologue parlerait de diminution de la profondeur).

Une telle conclusion pourrait sembler une évidence. Or nous savons qu'une évidence dans la construction des savoirs est à considérer avec méfiance. Dans cette situation, et parce que le médiateur est face à un public d'amateurs, il aurait pu focaliser son discours sur cette dimension historique (la relation de nécessité historique entre les deux événements) plutôt que de centrer son attention sur le processus.

Cet exemple montre le besoin probablement ressenti par le médiateur, de produire une explication fonctionnaliste comme *vitrine de la science*. En s'y prenant de cette manière, il cherche semble-t-il à « *faire de la science* » avec son public. Mais le faible recours à la démarche historique laisse penser dès lors que celle-ci ne fait pas partie de la science : une nouvelle fois nous montrons *la difficulté d'ancrer la reconstitution historique comme une méthodologie de la géologie*.

Dans de tels discours médiatiques, l'histoire reste une sorte de synthèse de ce que le fonctionnalisme a produit de rigoureux. L'histoire, sans cet appui sur les process géologiques, semble ne pas pouvoir se construire de façon rationnelle. Cela est en partie vrai, notamment parce que la problématisation historique, quand elle est mise en œuvre mobilise avant tout des nécessités fonctionnalistes à l'origine de la construction des phénomènes géologiques. Mais si la construction de l'histoire s'en tient seulement à cette première étape, rationalité historique n'est de ce fait pas envisageable. Pour aller plus loin nos analyses, voyons cet aspect avec un autre exemple.

En analysant la démarche d'enquête que suit le médiateur RC, nous avons remarqué que la succession des événements qui se construisent petit à petit, ne mobilise comme nous l'avons déjà dit que peu de nécessités. Les événements ne se construisent pas comme nécessaires les uns par rapport aux autres, mais plutôt par rapport à des jeux de contraintes fonctionnalistes, qui relèvent davantage d'une phénoménologie :

> « et voir s'il y a des indices d'un phénomène qui s'est déroulé » RC-BC28
> « on essayera de les interpeler » RC-BC29
> « est-ce qu'ils contiennent des bébêtes qui nous raconteraient quelque chose » RC-BC32
> « et puis voir s'il y a des déformations, là aussi, comme il y en avait tout à l'heure » RC-BC33

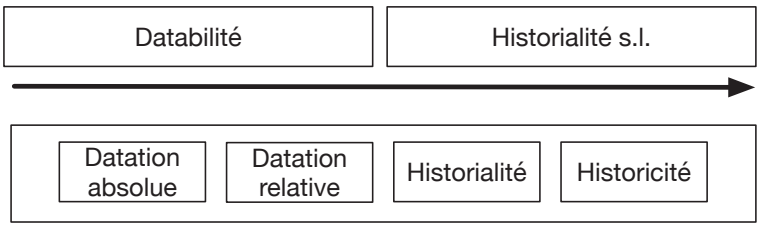
L'*approche abductive* qui est proposée par RC en début de son intervention laisse supposer qu'il va engager une démarche historique pour reconstituer l'histoire

géologique du vallon du Fournel. Mais dans son discours cette démarche historique peine à s'instaurer vraiment dans le raisonnement. Nous avons déjà dit que cela était en partie dû à un fonctionnalisme sur-mobilisé, porteur d'une image de la science (effet vitrine). Mais nous pensons qu'il existe une autre raison : le médiateur *ne mobilise pas de nécessité* dès lors qu'il se trouve dans les temps linéaires. Dans la situation Founel-RC, la sortie géologique se construit autour d'une petite randonnée qui suit un sentier qui remonte depuis le fond de la vallée vers les grès du Champsaur, situé dans la partie la plus haute du parcours (ils sont d'ailleurs inaccessibles depuis le sentier, ce qui poussera le médiateur RC à travailler « de loin » à partir de l'observation à distance). Une telle remontée impose de suivre les terrains géologiques dans leur ordre chronologique. Une telle organisation n'est pas sans influence sur le discours et conduit davantage à raconter une histoire (au risque de tomber dans le chronotrope) qu'à la reconstituer. Une telle reconstitution aurait nécessité soit partir du haut (descendre des affleurements les plus récents, situés au sommet du parcours, vers les affleurements les plus anciens, au fond du vallon), soit de procéder, pour chacun des arrêts, à une construction des événements par *rétrodiction*, c'est-à-dire en procédant à une rétro-lecture à la recherche des conditions de possibilité. Cela supposait certes de mobiliser le fonctionnalisme pour construire les phénomènes mais surtout d'*engager ces phénomènes dans la temporalité*. Au contraire il y a là une lecture chronologique de l'histoire géologique : en remontant le sentier et en passant devant chaque affleurement, le groupe suit la chronologie des événements géologiques. Il n'y a pas de véritable problématisation historique, car sans rétrodiction des événements, les conditions de possibilité ne sont pas explorées, et l'histoire qui en découle ne se construit pas sur la nécessité des événements. Et le fait que ces événements aient pu, ou non, se produire, n'est pas envisagé : ce qui exclut également leur dimension contingente.

Conclusion : l'explication historique ne parvient pas à s'imposer face à un besoin de scientificité.

C'est donc ce processus d'*insertion dans la temporalité* qui nous parait essentielle à la mise en œuvre de la problématisation historique. Elle s'appuie sur deux caractéristiques des indices géologiques : leur *databilité* et leur *historialité*. Les indices géologiques peuvent en effet être positionnés dans une échelle de temps (databilité) mais également être positionnés les uns par rapports aux autres dans un ordre temporel (historialité sensu lato). Nous souhaitons aller plus loin dans cette conception de l'insertion dans la temporalité des indices géologiques. Nous proposons pour cela d'expliciter le degré d'insertion des phénomènes dans la temporalité par l'intermédiaire d'une sorte de « grille de mesure » schématisée dans la figure 8.1.1 page suivante.

FIGURE 8.1.1 – Degré de temporalité dans le discours de médiation scientifique sur le terrain



Un tel schéma nous permet de montrer le degré d'insertion dans la temporalité des objets géologiques[4] et nous permet surtout de mettre en évidence le degré de rationalité historique qu'il atteint. L'historialité, nourrie par l'intelligence narrative, conduit à organiser l'histoire autour de la succession ordonnée des événements. Mais cette historialité ne tend à produire que du chronotrope : les événements n'établissent pas de relations fortes entre eux si ce n'est qu'ils sont les uns à la suite des autres. Nous désignons par « *historicité* » le niveau le plus haut atteint par les événements dans leur construction historique. Ce niveau traduit la mise en œuvre d'une *rationalité historique* qui passe par la mise en tension des événements entre eux par l'intermédiaire des *contraintes d'antériorité*. Cela revient pour le médiateur à rechercher les conditions de possibilité des événements. Ces conditions de possibilité ne sont pas seulement dépendantes des phénomènes géologiques associés ; elles dépendent également de l'organisation de ces phénomènes dans le temps et l'espace.

Nous désignons ainsi l'*historicité géologique* par la reconstitution historique rationnelle des événements géologiques par mise en œuvre de la contrainte d'antériorité.

Nous devons ici re-préciser les termes que nous avons employés et qui peuvent conduire à confusions.

Comme présenté en cadre théorique, nous réservons le terme de « *contraintes* » au registre empirique et celui de « *nécessités* » au registre théorique.

Dans le cas de la démarche historique, les contraintes historiques sont celles de la linéarité du temps imposées par le fait que chaque instant est suivi par un l'instant suivant. Ces contraintes sont explorées au travers des principes de la géologie qui embarquent du temps linéaire : superposition, inclusion, recoupement par exemple. Pour le dire de façon simple, les contraintes historiques fonctionnent dans le sens chronologique, et même si elles n'ont pas véritablement de « matérialité », elles sont en lien avec l'empirie. Les nécessités historiques, quant à elles, se mettent en place

4. Il n'y a aucune tentative de notre part de chiffrer ce degré d'insertion dans la temporalité. Ce schéma sert avant tout de support au concept que nous développons ici dans sa version prototypique.

au sein d'une reconstitution historique par l'intermédiaire d'une rétrodiction. Elles sont explorées au travers du principe d'antériorité selon lequel deux événements en inter-dépendance s'ordonnent dans les temps linéaires de telle façon que l'un est antérieur à l'autre et lui est nécessaire. Les nécessités historiques se caractérisent par le fait que, à l'inverse des contraintes historiques, elles n'ont pas de lien direct avec la matérialité du monde. De ce point de vue, les contraintes historiques relèvent de l'ontologie, les nécessités historiques sont de nature épistémologiques.

8.2 ANALEPSES ET RÉTRODICTION : VERS UNE POSSIBLE CAUSALITÉ NARRATIVE

Nous avons longuement évoqué dans les parties précédentes le besoin de construire l'histoire géologique sur des nécessités historiques et surtout de ne pas s'en tenir à une simple juxtaposition d'événements. L'histoire géologique commence dès lors qu'une databilité des objets géologiques peut être établie, mais cette databilité est loin de fournir les éléments d'une reconstitution historique. Sinon il suffirait de poser sur un calendrier géologique chacun des objets géologiques rencontrés sur le terrain. Cela n'a évidemment que très peu de sens. Il est donc fondamental d'aller au-delà de cette databilité des objets géologiques.

Afin de repositionner notre recherche dans cette nouvelle analyse, nous reprenons dans un tableau les enjeux associés à la construction d'une histoire géologique (voir tableau ci-dessous).

Enjeux de la construction des objets et phénomènes géologiques	**Enjeux de la construction des événements géologiques**
Problématisation fonctionnaliste	Problématisation historique
Définition du cadre théorique Mise en œuvre d'un registre explicatif adapté Mise en tension des registres empirique et théorique Construction de l'objet et de ses phénomènes associés	Databilité (Intra-temporalité 1) Historialité (Intra-temporalité 2) Historicité

Nous avons avancé l'hypothèse que les analepses jouent un rôle important dans la mise en œuvre de l'actualisme nécessaire à la construction des objets de terrain. Nous avons également posé en hypothèse qu'un tel recours à l'analepse était en mesure de permettre la recherche de l'antériorité nécessaire des événements. Cela signifie que nous considérons comme pertinent de voir dans les analepses, à la fois des procédés « *fonctionnalistes* » de construction des objets géologiques, mais

aussi des procédés « *historiques* » de reconstitution des événements géologiques par insertion dans une *historicité* géologique.

Nous analysons donc dans cette partie, les modalités de mise en œuvre de ces analepses dans les deux situations de médiation de terrain Fournel-RC et Dibona-TG. Nous montrons notamment que la causalité qui se met en place dans le discours des médiateurs ne répond que très partiellement aux contraintes de la reconstitution historique telles que nous les avons définies. Ces contraintes doivent en effet engager une *causalité narrative* exigeante, fondée sur la configuration des événements par l'insertion dans une *intra-temporalité* et la construction d'une *historicité.* C'est à ces conditions que les événements géologiques pourront répondre aux exigences d'apodicticité que suppose la reconstitution d'une histoire géologique.

Nous articulons ainsi notre analyse en trois temps. Tout d'abord, nous montrons que les analepses sont très peu explicitées comme outils de la narration et de la reconstitution historique. Ensuite, nous mettons en évidence une sorte de prédisposition des analepses à entretenir la tension narrative, mais qui se met en place dans une approche toujours très fonctionnaliste. Enfin, nous concluons cette section en montrant que l'exploration de terrain qui est menée au travers des analepses se fait selon un rapport fortement « modélisé » à l'empirie, qui tend à faire retomber l'histoire dans énoncés assertoriques.

8.2.1 Des analepses peu explicitées

Nous montrons dans cette partie en quoi les analepses restent discrètes dans le discours du médiateur dans la situation Dibona-TG. Nous mettons en évidence que ces retours vers le passé auxquels procède le médiateur sont peu explicités. Ils existent bel et bien dans la médiation, mais font l'objet de très peu de remarques méthodologiques, de procédures méta pour en expliquer l'usage. Nous pensons dès lors que ces analepses sont utilisées comme des outils « *ad hoc* », peu questionnés et dont l'usage implicite fait obstacle à la construction historique.

Les retours en arrière auxquels procède TG se caractérisent avant tout par leur grande part d'implicite :

> « donc maintenant faut expliquer comment la Dibona, qui était à 500 ou enfin à quelques km sous nos pieds, sous le niveau de la mer, se retrouve aujourd'hui à 3000m d'altitude ...et un peu plus » TG-FrPa1
>
> « alors pour ça, pour le comprendre, je vais revenir ici » TG-FrPa2
>
> « à la fin de l'è re primaire tout ça va être décapé par l'érosion, et je me retrouve comme ça au tout début de l'ère secondaire » TG-FrPa3
>
> « et au début de l'ère secondaire qu'est-ce qui va se passer ? » TG-FrPa4

(Analepse Ep6, Tableau 8.1 page 438) La mise en œuvre de l'analepse n'est ici que très peu explicitée comme outil de la démarche historique. Elle est, de fait, une sorte de « *rembobinage en acte* » : le médiateur, par son récit, produit une

action qui consiste à aller à la recherche de ce qui s'est passé auparavant. En rembobinant l'histoire, il cherche à éclaircir une situation complexe, à remonter jusqu'aux causes des événements, à leur contexte d'origine. Il explore le passé pour trouver le point de départ ; bref, il *navigue dans le récit*. Mais un récit, c'est d'abord une intrigue, qui tient aux raisons d'exister des événements. Dans le cas présent, le médiateur, pourrait-on dire, « *promène* » son public dans une sorte d'« *histoire-musée* » déjà écrite et que l'on pourrait qualifier de « *refroidie* ». Elle ne naît pas dans le discours ; il s'agit seulement, pour le médiateur de re-parcourir le storytelling géologique qu'elle représente.

Dans une autre analepse, le médiateur engage un récit explicatif de la formation de la chaine hercynienne, premier événement nécessaire à la formation du granite de la Dibona :

> « donc déjà quelque chose d'important, ce granite il est dans les Alpes, aujourd'hui mais il s'est formé bien avant la formation des Alpes » TG-Th1

> « donc il faut chercher une histoire bien plus ancienne , puisque les Alpes ici se sont formées je dirai principalement durant l'ère tertiaire, c'est à dire il y a un peu moins de 60 ma » TG-Th3

> « ce granite il a pas 60 ma , il a 320 à 280 ma , on est début de la deuxième moitié de l'ère primaire, il y a très longtemps » TG-Th4

> « qu'est-ce qui s'est passé il y a à peu près entre -400 et -350 ma au milieu de l'ère primaire ? » TG-Th11

> « alors, on va même , excusez moi , on va même remonter un tout petit peu avant, au début de l'ère primaire, il y avait plusieurs continents, dont les contours n'avaient rien à voir avec ceux d'aujourd'hui » TG-Th16

Cette analepse, qui s'apparente au flashback du cinéma, pose des repères temporels qui remonte à l'événement initial. Cette forme d'analepse permet de remonter l'histoire « *ab ovo* » : l'analepse revient à « un avant que les faits ne se soient produits » et remonte au début de l'histoire de la chaine hercynienne puis engage un chronotrope : « *On va remonter (...) au début de l'ère primaire, il y avait plusieurs continents, dont les contours n'avaient rien à voir avec ceux d'aujourd'hui* » TG-Th16.

Ces analepse est utilisée comme un outil narratif, efficace semble-t-il, pour parcourir l'histoire, mais elle est non-questionnée : elles ne disent pas vraiment ce qu'elles recherchent. Le médiateur use d'un a priori sur son utilisation. S'il

remonte le temps, c'est « qu'il le faut » : le sens commun pousse à remonter aux origines. : « *donc il faut chercher une histoire bien plus ancienne, puisque les Alpes ici se sont formées je dirais principalement durant l'ère tertiaire, c'est à dire il y a un peu moins de 60 MA* » TG-Th3. Le fait de remonter dans le temps n'est pas justifié par le médiateur. Ou du moins cela n'est pas explicité. A la recherche d'une cause ? D'un moment précis ? Les analepses se construisent donc ici sur des nécessités non établies, qui relèvent d'un processus d'exploration simple et non pas de la construction d'une preuve historique. Le recours à l'analepse est ici intuitif et d'un usage commun. Le médiateur ne la mobilise pas comme un outil de problématisation historique. De plus le public n'est pas amené à comprendre comment il doit remonter le temps par la pensée. Les modalités de ces remontées dans le temps (saut en arrière, remontée linéaire, recherche des causes, recherche d'une antériorité, . . .) ne sont pas exposées et le recours à telle ou telle analepse n'est pas justifié.

Nous proposons plusieurs explications à ce maintien dans l'implicite concernant les raisons qui motivent cette forme de remontée dans le temps.

Tout d'abord, ce procédé narratif qu'est l'analepse est accessible à tous et chacun l'a expérimenté, sinon dans ses lectures, au moins dans sa vie quotidienne : bouton « rewind » des lecteurs audio, flashback au cinéma. Il est d'un usage commun de rechercher « intuitivement » l'origine des événements, afin de trouver dans le passé « ce qui a contraint » le présent à être tel qu'il nous apparaît. L'analepse semble être un mode « naturel » de compréhension du passé dans l'exploration du présent et représente ainsi une sorte d'« *actualisme en acte*», facilement mobilisable dans ce contexte mais peu ou pas questionné. Ce mode de pensée peut s'avérer pré-scientifique, mais il suppose qu'une explication existe potentiellement pour chacun des faits et phénomènes du monde. Il présente l'intérêt de tenir à distance toute approche mystique ou magique qui trouverait aux événements des origines mystérieuses et non des explications scientifiques.

De plus, même non questionnée, l'analepse engage – pour le moins – une exploration géologique du passé grâce à un actualisme implicite (le présent explique le passé par analogie) : « *donc il faut chercher une histoire bien plus ancienne* [...]» TG-Th3. Mais sans logique rétrodictive des *« événements-condition de possibilité »*, il n'y a pas de véritable problématisation de ces événements.

Enfin, nous expliquons un tel implicite dans le recours aux analepses par le fait qu'elles ne seraient pas considérées par le médiateur comme un outil de construction de la preuve scientifique : elles ne permettraient pas de construire la rationalité des explications qu'il souhaite mettre en œuvre. Ces remontées dans le temps sont ainsi assimilables à de simples outils de narration destinés à poser des jalons organisant le discours de médiation.

Le recours aux analepses est donc très implicite dans le discours de TG. Ces

remontées dans le temps sont utilisés semble-t-il pour fouiller le passé de façon spontanée, mais en conséquence, les modalités de leur mise en œuvre n'est pas envisagée. Cela nous parait pourtant indispensable à la démarche historique.

De plus, le médiateur semble explorer une histoire déjà construite : l'analepse est alors utilisée comme un véhicule posé sur les rails d'une histoire linéaire déjà constituée. En remontant vers « l'arrière », ce véhicule permettrait ainsi de revenir au début de l'histoire, comme pour la raconter « *ab ovo* ».

Le récit se construit donc en réponse à des contraintes qui sont avant tout médiatiques. Or cette tendance à convoquer le récit à des fins surtout médiatiques fait obstacle à la reconstitution d'une histoire géologique problématisée. C'est en fait une façon de *déposséder le récit de ses fonctions heuristiques* en le considérant comme un banal outil de mise en discours. Ce constat est peut-être à relier aux contraintes que doit gérer le médiateur dans cette situation d'exploration d'une histoire sur les lieux mêmes de sa construction. Le médiateur chercherait surtout à éviter une ennuyeuse chronologie « expliquée », pas à pas, trop « technique », et consistant à positionner les événements géologiques les uns à la suite des autres.

Mais nous pensons qu'il existe une autre explication possible à cet usage implicite des analepses et à ce recours spécifiquement médiatique à la narration. Cela tient au fait que la tension narrative se construit principalement sur une problématisation des phénomènes géologiques et non pas sur des événements. Voyons maintenant comment le médiateur problématise grâce aux analepses et dans quelle mesure cette problématisation construit les événements de l'histoire géologique.

8.2.2 Les analepses organisent la tension narrative par des formes de problématisations

Si les analepses sont peu explicitées comme outil de l'enquête de terrain, elles sont cependant présentes dans le discours des médiateurs, et elles apparaissent comme fortement structurantes dans la narration. Nous montrons dans cette partie que cette structuration est sous la dépendance de formes de problématisation qui créent de la tension narrative.

Nous avons procédé à un découpage en unités narratives qui ont permis de déterminer huit *événements-pivots* dans l'histoire racontée par le médiateur TG. Ces événements-pivots (Ep) jouent un rôle de jalons temporels le long du récit de la formation de la Dibona. Ils servent de point d'appui pour les analepses qui sont engagées à plusieurs reprises dans la narration. Nous avons ainsi mis en évidence huit événements-pivots ; ils sont présentés dans le tableau 8.1 page suivante.

Le médiateur utilise les analepses comme « enclencheurs » de l'intrigue. Parmi les événements-pivots que nous avons pu mettre en évidence le long du discours

TABLE 8.1 – Localisation des analepses parmi les événements pivots (Ep) de l'histoire de la Dibona dans le discours du médiateur de terrain

Ep1 La formation du magma granitique de la Dibona ?
« d'où vient ce magma qui en se figeant en profondeur a donné du granite ? » TG-M1
Ep2 A la recherche de l'âge du granite de la Dibona
« quelle est l'anomalie géologique, ou plutôt, quelle est la cause géologique de cette anomalie qui a créé du magma qui est devenu le granite de la Dibona ? » TG-R1
« alors pour cela il faut déjà imaginer à quel moment s'est formé ce granite, donc qu'est-ce qu'il faut que je connaisse ? » TG-R2
« l'âge de cette roche » TG-R3
[...] « on va remonter, bon c'est pas très précis pour le granite ici, mais on a des granites qui se situent entre -320 et -280 ma » TG-R20
Ep3 : ANALEPSE MAJEURE : Le granite de la Dibona s'est formé au milieu de l'ère primaire à la fin de l'orogenèse hercynienne
« donc déjà quelque chose d'important, ce granite il est dans les Alpes, aujourd'hui mais il s'est formé bien avant la formation des Alpes » TG-Th1
[...] « donc il faut chercher une histoire bien plus ancienne, puisque les Alpes ici se sont formées je dirais principalement durant l'ère tertiaire, c'est à dire il y a un peu moins de 60 MA ». TG-Th3
« ce granite il a pas 60 ma , il a 320 à 280 ma , on est début de la deuxième moitié de l'ère primaire, il y a très longtemps » TG-Th4
« alors les géologues se sont penchés, qu'est-ce qu'il y a eu au début de la 2eme moitié de l'ère primaire ? » TG-Th5
[...] « Ils sont rendu compte que , à cette époque là on avait sur notre planète une gigantesque montagne, qui venait de se former » TG-Th7
[...] « qu'est-ce qui s'est passé il y a à peu près entre -400 et -350 ma au milieu de l'ère primaire ? » TG-Th11
[...] « On va remonter (...) au début de l'ère primaire, il y avait plusieurs continents, dont les contours n'avaient rien à voir avec ceux d'aujourd'hui ».TG-Th16
Ep4 L'érosion de la chaine hercynienne
« voilà la 2eme étape après le soulèvement, et ça c'est une chaîne de montagne, c'est la chaîne Hercynienne » TG-Th37
[...] « mais alors pourquoi je vous raconte ça pour vous parler de la Dibona ? » TG-Eh1
« eh bien, je vais redessiner ma montagne, voilà vous avez le continent, là il est soulevé et puis vous avez l'autre qui est par dessous » TG-Eh2
[...] « eh bien une montagne, une fois qu'elle s'est soulevée, y a plus qu'une chose qui peut lui arriver, c'est d'être grignotée par l'érosion » TG-Eh7
Ep5 La fusion de la racine des montagnes de la chaine hercynienne
« donc au fur et à mesure que j'ai grignoté la montagne, eh bien les racines vont se soulever, puisqu'il y aura moins de pression par dessus » TG-Fuh2
[...] « et bien une partie des racines de la montagne va se mettre à fondre » TG-Fuh5
Ep6 La formation de l'océan alpin
« donc maintenant faut expliquer comment la Dibona, qui était à 500m ou enfin à quelques km de profondeur sous nos pieds, sous le niveau de la mer, se retrouve aujourd'hui à 3000m d'altitude ...et un peu plus » TG-FrPa1
« alors pour ça, pour le comprendre, je vais revenir ici » TG-FrPa2
« à la fin de l'è re primaire tout ça va être décapé par l'érosion, et je me retrouve comme ça au tout début de l'ère secondaire » TG-FrPa3
« il y a 80 ma, plus tard donc, à la fin de l'ère secondaire, un nouveau bouleversement va affecter notre planète » TG-FrPb4
Ep7 La fermeture de l'océan alpin
« si l'Afrique monte vers le NE, et si l'Eurasie descend vers le SE, qu'est-ce qui va se passer » TG-FOa3
« les continents, après s'être écartés pendant 80 ma, ces deux continents vont être obligés de se rapprocher l'un de l'autre, ok , ils vont être obligés de se rapprocher » TG-FOa4
Ep8 Érosion alpine
« alors moi, si je reviens maintenant ici, ok, quand bien entendu l'Europe passe sous l'apulie, cela va générer une chaîne de montagne qu'on appelle les Alpes » TG-ErA1
[...] « et cette dernière étape c'est laquelle ? C'est l'érosion de nos Alpes, qui a commencé à l'est » TG-ErA4

du médiateur, un, plus particulièrement correspond à une « analepse saillante » : Analepse Ep3 du tableau 8.1 page ci-contre. Le médiateur procède grâce à cette analepse à un saut en arrière qui ramène le public au tout début de l'histoire de la Dibona (cela renvoie à ce que nous avons déjà présenté comme un récit « *ab ovo* »). Nous avons mis en évidence que cette analepse, comme les sept autres qui sont repérables dans le discours de TG (voir le tableau 8.1 page précédente), se mettait en place en trois étapes. Dans notre exemple (Ep3), ces étapes sont :

Étape 1 : *Mise en tension* progressive des registres par juxtaposition de l'*âge du granite* (environ 300MA) —registre empirique— et de l'âge « apparent » de ce granite (on pourrait le croire alpin, c'est à dire de 60MA) — registre théorique—: « *donc déjà quelque chose d'important, ce granite il est dans les Alpes, aujourd'hui mais il s'est formé bien avant la formation des Alpes* » (Ep3—TG-Th1). Le granite de la Dibona, en première approche se présente comme un « objet géologique premier » qui paraît alpin dans la mesure où il est situé au cœur d'un massif alpin.

Étape 2 : *Complication.* Une phrase crée la *rupture* en confrontant explicitement l'âge mesuré du granite —registre empirique— et l'âge supposé —registre théorique)— : « *ce granite il a pas 60 MA, il a 320 à 280 MA, on est début de la deuxième moitié de l'ère primaire, il y a très longtemps* » (Ep3—TG-Th4). La complication prépare ainsi l'analepse sensu stricto qui va suivre.

Étape 3 : *Analepse sensu stricto.* Elle fait remonter l'histoire à une orogenèse plus ancienne que celle des Alpes. Orogenèse qui sera à l'origine des événements ayant mis en place le granite de la Dibona. *« alors les géologues se sont penchés, qu'est-ce qu'il y a eu au début de la 2eme moitié de l'ère primaire ? »*(Ep3—TG-Th5) *; « Ils se sont rendus compte que l'on avait à cette époque-là sur notre planète, . . . »* Ep3—TG-Th7.

Le médiateur TG utilise ici une analepse comme un outil de *mise en intrigue* : il crée de la tension narrative par un bond en arrière. Nous pourrions dire que l'analepse permet ici d'engager une « *problématisation narrative* », au sens où elle répond au besoin de créer de la tension narrative le long des temps linéaires. Du point de vue des savoirs géologiques, le médiateur développe un questionnement qui ne s'en tient pas ici à la seule démarche fonctionnaliste s'appuyant sur une explication causale. Mais d'après nous ce bond en arrière ne permet pas pour autant de réaliser une véritable rétrodiction : après ce bond vers le passé, il reprend le cours du temps pour entamer un chronotrope : « *Ils se sont rendus compte que l'on avait à cette époque-là sur notre planète*[5] [. . .] » Ep3-TG-Th7.

5. Une remarque s'impose ici quant à la place que prennent les géologues dans les propos du médiateur. Le début de la phrase *« Ils se sont rendus compte »* place les géologues en position de narrateurs « extérieurs » à l'histoire pour des spectateurs qui découvrent un récit. Mais le

La tension narrative que met en place le médiateur dans son récit se construit donc en partie sur des analepses. Celles-ci prennent appui sur des événements-pivots qui leur permettent de s'engager vers la passé. Chaque analepse est articulée sur une forme de rupture, une complication dans le cours des choses. Les phénomènes géologiques se construisent ainsi autour de cette rupture dans la normativité des faits qui induit une tension entre les registres théorique et empirique.

Cependant, si l'analepse associée à Ep3 embarque une forme de temps, nous avons remarqué que la tension narrative créée par les analepses est surtout de nature fonctionnaliste : elles mobilisent un registre explicatif qui tente surtout de faire comprendre un mécanisme, et non pas une succession rationnelle d'événements géologiques. Nous analysons dans la partie suivante cette prédisposition des analepses à créer une « tension fonctionnaliste ».

8.2.3 ...mais cette tension narrative se construit presque exclusivement sur des analepses fonctionnalistes

Nous avons à plusieurs reprises évoqué le fait que le fonctionnalisme était fortement mobilisé dans les situations de médiation que nous étudions. Nous souhaitons montrer ici que les analepses utilisées par le médiateur TG nourrissent elles aussi cette tendance au fonctionnaliste dans les mises en récit. Ces analepses sont en effet mises en œuvre pour construire des explications « *mécanistes* » au sens où ce qu'il convient d'expliquer, pour le médiateur, c'est « *un comment cela s'est produit* » qui permettrait d'apporter du sens à « *ce qui s'est produit* ». Or nous avons dit que reconstituer une histoire géologique ne suppose pas seulement de s'en tenir aux phénomènes (« comment cela s'est produit ») mais surtout à une organisation temporelle des événements géologiques (« ce qui s'est produit »). Le médiateur ne va pas au bout de cette construction historique : c'est un peu comme s'il s'arrêtait en chemin.

Nous analysons donc ici en détail les modalités de mise en œuvre des analepses en focalisant notre attention sur les formes de temps qui y sont associées, et surtout les formes de nécessités qui sont utilisées dans la problématisation.

Rappelons tout d'abord ce que nous attendons des analepses dans le cas de la reconstitution d'une histoire géologique. Nous avons défini le besoin de procéder à une recherche des nécessités historiques au travers d'une rétrodiction. Nous

médiateur, en se plaçant « derrière » les scientifiques, légitime ainsi son discours. La suite de la phrase pose un jalon temporel, *« cette époque-là »* qui joue le rôle d'enclencheur de chronotrope : une sorte de *« il était une fois, sur notre planète... »*. De façon paradoxale nous notons ici une tendance de cette forme d'analepse à *engager les événements dans le sens chronologique*, et non pas dans une rétrodiction à la recherche des conditions de possibilité des événements de l'histoire. C'est là très probablement une dimension contre-intuitive de la rétrodiction qui fait obstacle à une véritable démarche historique questionnée.

présentons ainsi dans le tableau 8.2 le rôle des analepses dans les différentes modalités de mise en récit problématisante.

TABLE 8.2 – Rôle des analepses dans les différentes modalités de mise en récit problématisante

	Analepses à visée rétrodictive	**Analepses à visée fonctionnaliste**
Tension narrative	Le long des temps linéaires, entre événements : E<=>E	Entre registres R empirique <=> R théorique
Explicitation du bond en arrière	Recherche d'antériorité et de nécessités	Recherche de la causalité
Construction de l'apodicticité des savoirs	Repose sur la pertinence de l'articulation nécessité/contingence des événements	Repose sur la tension entre contraintes empiriques et nécessités théoriques des registres
Mise en Intrigue (suspens, besoin de réponse, besoin de savoir la raison de ce qui s'est produit)	Repose sur articulation nécessités / contingence	Repose sur le déterminisme du mécanisme
Mise en scène soudaine d'une complication	Rupture dans les temps linéaires Rupture dans le cours des événements	Rupture dans le registre explicatif associé au fonctionnement d'un phénomène
Mise en œuvre d'une problématisation	Historique	Fonctionnaliste
Recherche des nécessités	Anti-chronologique + Variations langagières autour de « ce qu'il faut » = Recherche de l'antériorité (nécessité historique)	Atemporelle + Variations langagières autour de « ce qu'il faut » = Recherche de la causalité (nécessité fonctionnaliste)

Dans la situation Dibona-TG, les analepses que nous avons relevées (analepses associées aux événements-pivots Ep1 à Ep8) ne répondent pas à ce que nous avons désigné par « visée rétrodictive » : nous pourrions dire que ces analepses sont dans une sorte d'intermédiaire entre une recherche a-temporelle de la cause fonctionnaliste et la recherche d'une intra-temporalité. Afin de présenter ce statut intermédiaire des analepses, nous nous appuyons sur un schéma qui représente le niveau d'historicité atteint dans le cas de la mise en œuvre d'une démarche historique (voir fig 8.2.1 page suivante).

Le tableau 8.3 page suivante liste les différentes analepses en les positionnant par rapport aux événements-pivots sur lesquels elles s'appuient.

FIGURE 8.2.1 – Niveau d'historicité —schéma de référence—

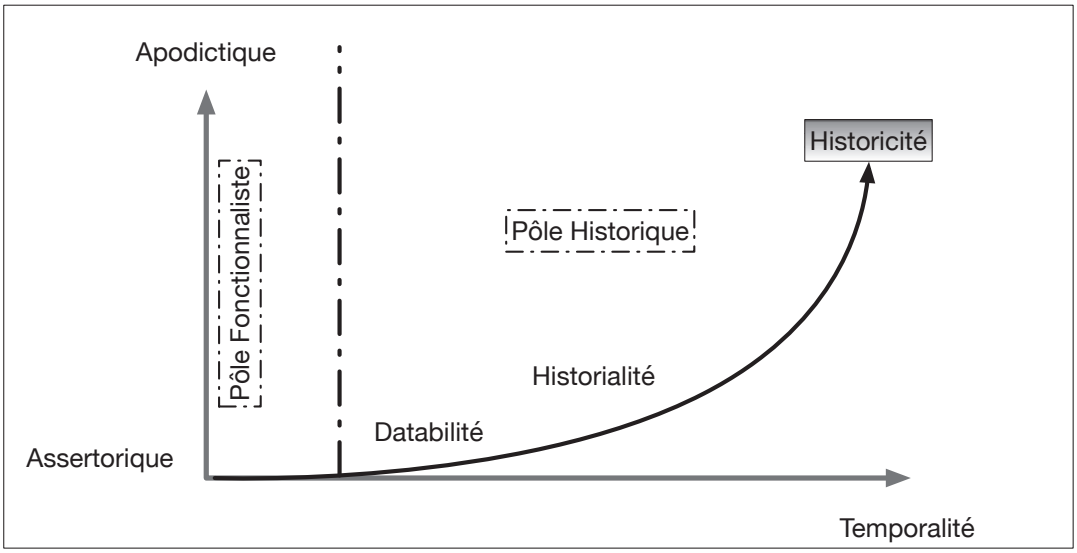
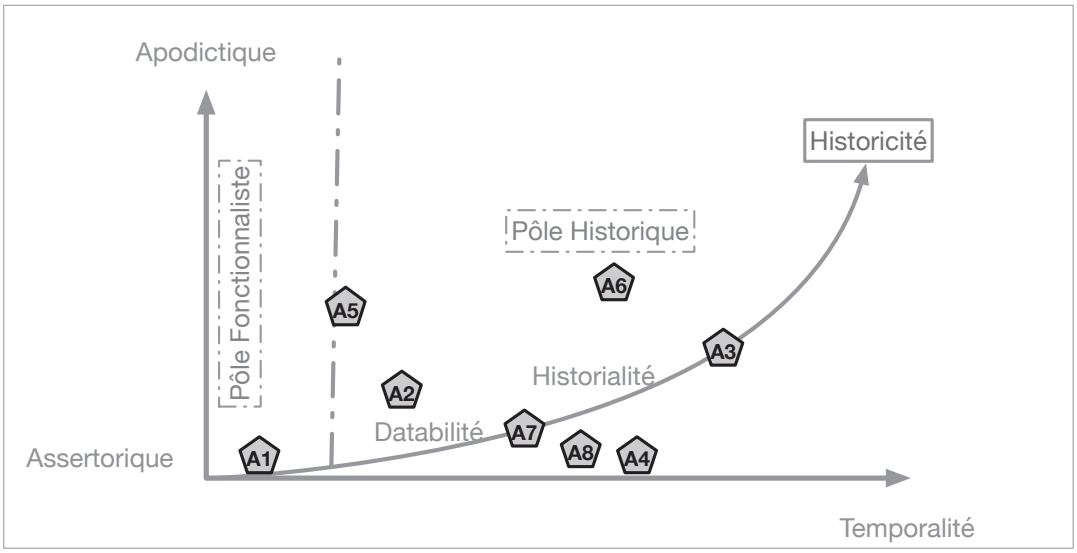


TABLE 8.3 – Les analepses mises en œuvre par le médiateur dans la situation Dibona-TG

Analepse	Événement-pivot associé	Cible de l'analepse	Position dans le discours du médiateur
A1	Ep1	Cause de la formation du magma granitique de la Dibona	TG-M~
A2	Ep2	Âge du granite de la Dibona	TG-R~
A3	Ep3	Orogenèse hercynienne	TG-Th~
A4	Ep4	Erosion de la chaine hercynienne	TG-Eh~
A5	Ep5	Fusion des racines de la montagne hercynienne	TG-Fuh~
A6	Ep6	Ouverture de l'océan alpin	TG-FrPa~
A7	Ep7	Fermeture de l'océan alpin	TG-FOa~
A8	Ep8	Erosion alpine	TG-ErA~

Positionnons ces diverses analepses sur notre schéma afin d'en montrer les niveaux d'historicité atteints : voir fig 8.2.2.

FIGURE 8.2.2 – Les niveaux d'historicité atteints par les analepses mises en œuvre par TG



Nous mettons ainsi en évidence plusieurs points importants quant à l'usage qui est fait des analepses.

Des registres a-temporels **:** les analepses A1 et A5 sont des remontées vers les causes des phénomènes (A1 : origine du magma granitique et A5 : cause de la fusion des racines des montagnes hercyniennes). Elles ne sont pas positionnées dans le temps. L'explication qui se met en place ici dans le discours du médiateur se construit uniquement sur des bases fonctionnalistes : aucune temporalité n'est utilisée. Les phénomènes étudiés ne sont pas insérés dans l'histoire.

Des nécessités peu explorées **:** Les analepses A1, A4, A7 et A8 se construisent très peu sur la recherche de nécessités. Nous avons dit que A1 était très fonctionnaliste. Les autres présentent des formes de temporalité mais qui ne sont pas de nature historique. L'analepse A4 est caractéristique à ce point de vue :

« au niveau des montagnes vous avez deux épaisseurs continentales l'une sur l'autre, alors que là vous en avez qu'une et là vous en avez qu'une » TG-Eh3

« donc au niveau d'une montagne comme la chaîne hercynienne, la croûte continentale est allée jusqu'à avoir 60 km d'épaisseur, parce qu'un continent normalement, il fait que trente km d'épaisseur » TG-Eh4

« ça va jusque là ? » TG-Eh5

« bien, cette montagne là, à partir du milieu de l'ère primaire, qu'est-ce qu'elle va subir ? » TG-Eh6

« eh bien une montagne, une fois qu'elle s'est soulevé, y a plus qu'une chose qui peut lui arrivé c'est d'être grignotée par l'érosion » TG-Eh7

[...]

« l'érosion, ...on grignote la montagne » TG-Eh9

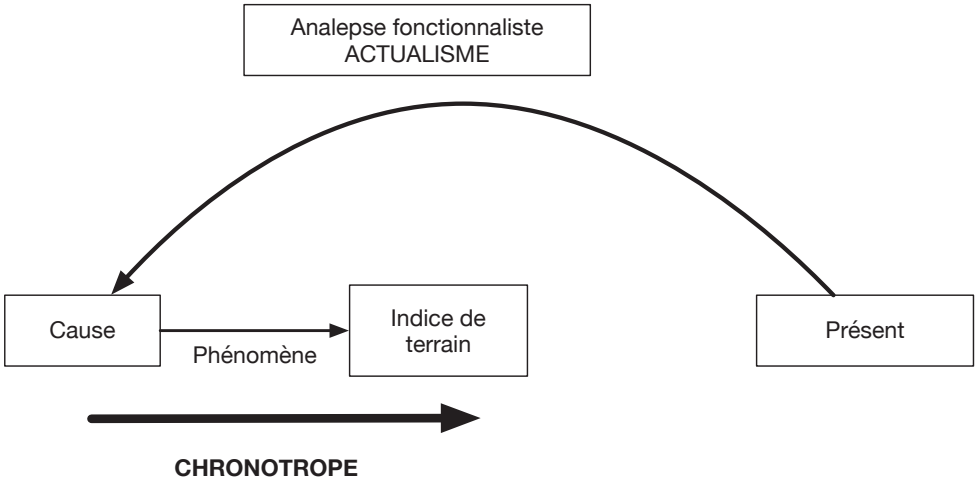
« mais je vais la grignoter par dessus » TG-Eh10

« Et ma montagne aura été complètement décapé...alors regardez bien, la chaîne hercynienne elle devait faire à peu près en moyenne 6000m d'altitude, donc si une montagne fait 6000 m d'altitude, ça veut dire qu'il y avait des sommets qui dépassaient 8000 et puis y avait des creux, c'est si je lissais tout » TG-Eh11

Cette analepse ramène les spectateurs à l'ère primaire, au début d'un épisode (l'érosion de la chaine hercynienne) qui va alors se dérouler comme un chronotrope dans le sens des temps linéaires. Une telle histoire se construit sur un *modèle prédictif* envoyé dans le passé. C'est un peu comme si l'analepse conduisait à regarder le présent depuis le passé en le désignant comme futur. Et ce futur n'est pas contraint (par des événements antérieurs) : il est « prédéfini », « destiné » à advenir. Une telle construction chronotrope de l'histoire tue la contingence et ignore la dimension nécessaire des événements qui composent l'histoire. Nous représentons une telle forme d'analepse par le schéma 8.2.3 page ci-contre. Une telle représentation montre que l'analepse a pour cible une *cause* et non pas une *nécessité*. Elle peut donc selon nous être associée à une forme d'actualisme : elle transporte en quelque sorte les règles de causalité du présent vers le passé. Dans notre exemple, cet actualisme est un actualisme de temps longs constructeur de phénomène, —ici le mécanisme de l'érosion. Même si elle peut s'appréhender en partie dans les temps humains, l'érosion n'en est pas moins un phénomène géologique lent (la chaine hercynienne a mis plusieurs millions d'années avant d'être totalement érodée). Mais en remontant à la cause, qui n'est en fait qu'un « point de départ du phénomène », l'analepse oblige à produire une explication linéarisée, car inscrite dans les temps linéaires, ce qui produit un chronotrope.

Une histoire qui se limite à l'intra-temporalité : les analepses A2, A4, A7 et A8 se caractérisent par leur insertion dans une temporalité ; ce que nous avons désigné par « intra-temporalité ». Le médiateur, en procédant de la sorte, positionne des phénomènes dans les temps linéaires. Ainsi, dans l'analepse

FIGURE 8.2.3 – Analepse et chronotrope



Dans ce schéma, la cause n'est en fait qu'un jalon signalant le point de départ du phénomène. Elle signale ainsi le début de production des effets d'une cause qui n'est pas explicitée.

A2, la connaissance de l'âge des granite apparait comme une nécessité :

Ep2 A la recherche de l'âge du granite de la Dibona

« quelle est l'anomalie géologique, ou plutôt, quelle est la cause géologique de cette anomalie qui a créé du magma qui est devenu le granite de la Dibona ? » TG-R1

« alors pour cela il faut déjà imaginer à quel moment s'est formé ce granite, donc qu'est-ce qu'il faut que je connaisse ? » TG-R2

« l'âge de cette roche » TG-R3

[...]

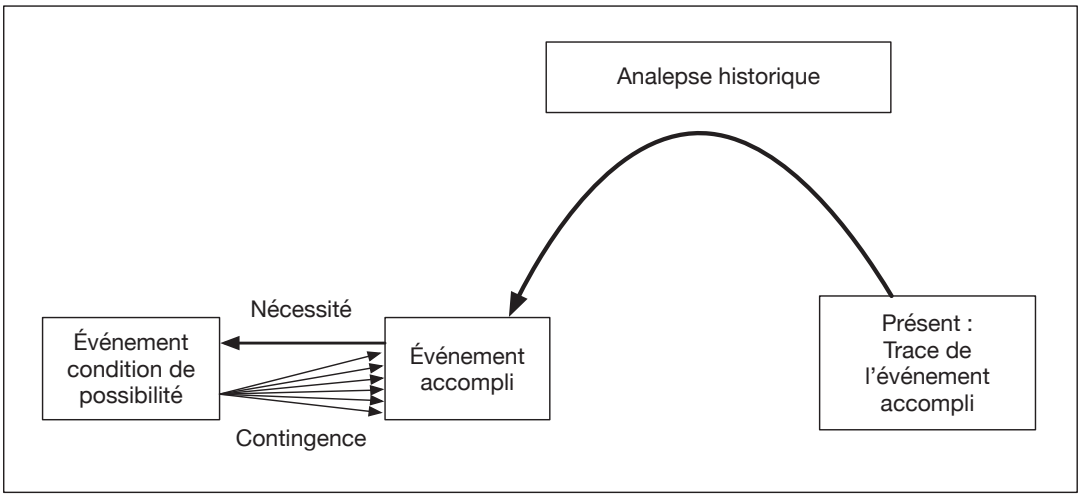
« on va remonter, bon c'est pas très précis pour le granite ici, mais on a des granites qui se situent entre -320 et -280 ma » TG-R20

Non seulement le médiateur recherche une cause à l'anomalie à l'origine de la fusion du granite, mais il positionne cette cause dans une temporalité. Il indique ainsi que cette cause n'est pas seulement influente sur un mécanisme (la fusion de la roche de composition granitique) mais qu'elle est aussi dépendante d'une temporalité. C'est un peu comme si la médiateur disait : « cette cause ne peut pas se produire à n'importe moment ; il est *nécessaire* qu'elle survienne à un moment précis de l'histoire de ce granite ». Mais ici, ce niveau de nécessité n'est atteint que partiellement : le médiateur cherche seulement « *un moment* » pour insérer son phénomène. Ce phénomène ne parvient pas à devenir événement historique dans le mesure où il n'accède pas à l'historicité. Nous disons qu'il existe dans une forme d'historialité :

il est positionné dans le temps linéaire par rapport aux autres événements, mais il ne dépend d'aucune nécessité avec ces autres événements.

Il s'agit donc pour le médiateur lorsqu'il engage une analepse, de produire les événements d'une histoire qui se construisent à la fois sur un *fonctionnalisme*, qui donne naissance aux objets géologiques, et à la fois par un *historicisme* qui produit les raisons d'exister des événements. Ces raisons d'exister se nourrissent forcément d'une explication « mécaniste », mais, dans le cas de la géologie historique, elles se nourrissent surtout des nécessité historiques, qui dépendent de l'antériorité relative des événements entre eux. Une telle recherche de l'antériorité peut se présenter sous la forme d'un schéma, que nous présentons dans la fig 8.2.4.

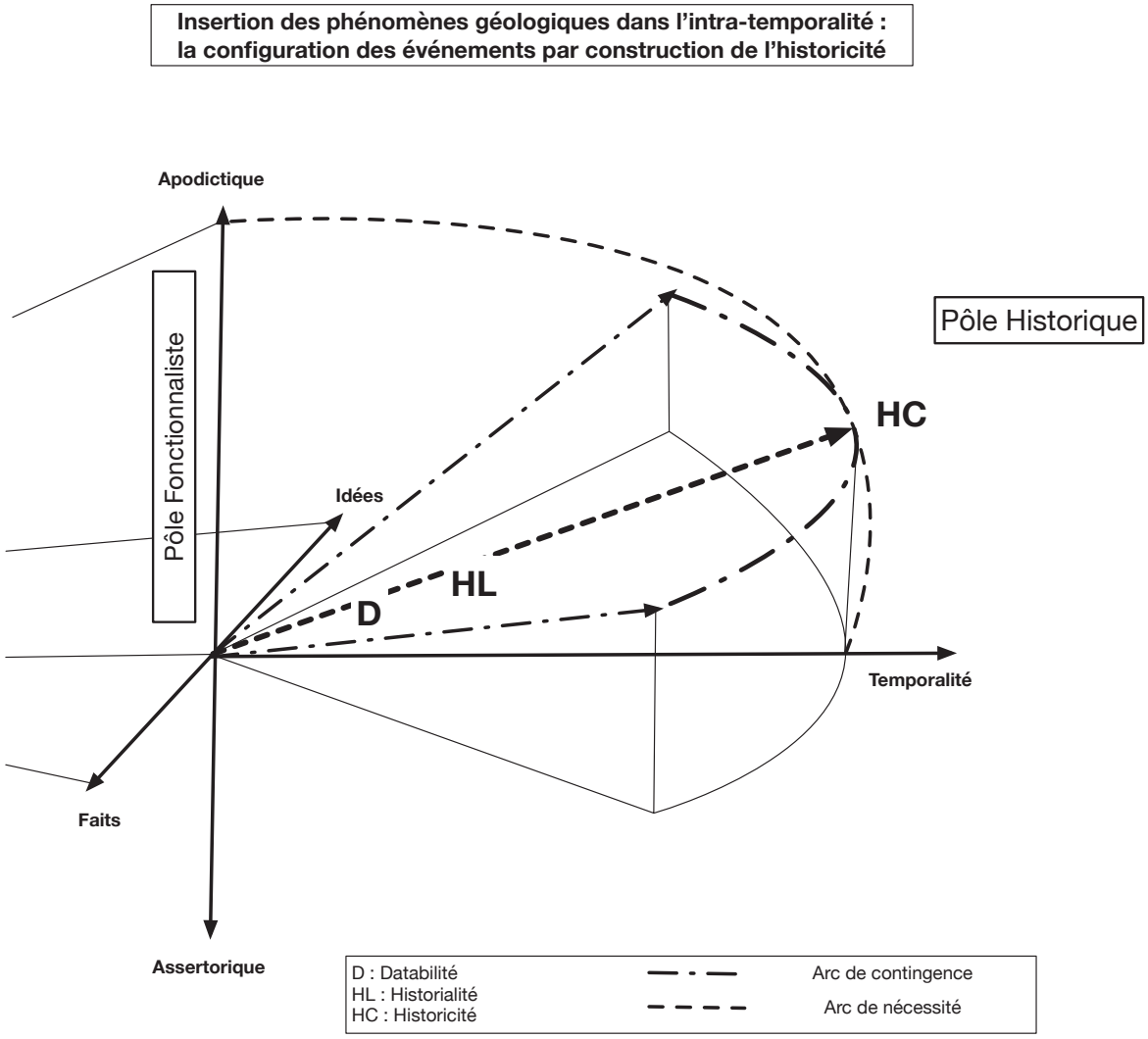
FIGURE 8.2.4 – Analepse et recherche des nécessité historiques



Nous concluons cette partie en insistant sur le fait que les analepses qui sont mises en œuvre durant l'intervention de TG mobilisent très fortement un *fonctionnalisme géologique*, qui enferme la médiation dans des explications « *mécanistes* ». Le médiateur cherche avant tout, semble-t-il, à faire la preuve d'un *déterminisme* des processus géologiques qui peuvent expliquer la présence d'une telle aiguille de granite dans le paysage su Soreiller. Or, si ce fonctionnalisme s'avère fondamental dans la construction des objets géologiques, il n'est pas suffisant pour la reconstitution des *événements géologiques singuliers* qui sont à l'origine de cette aiguille de granite. L'insertion dans une « intra-temporalité » constitue une étape nécessaire mais non suffisante pour construire l'histoire. En effet, les phénomènes doivent être insérés dans les temps linéaires selon trois modalités d'accès à l'histoire ; et ces niveaux ne sont pas indépendants, ils se complètent.

Nous présentons ces trois niveaux d'insertion des phénomènes dans l'intra-temporalité dans la figure 8.2.5.

FIGURE 8.2.5 – Insertion des phénomènes dans la temporalité : la construction de l'historicité des événements géologiques



La *databilité* des phénomènes permet de les positionner sur un axe des temps. Qu'elle soit absolue ou relative, cette databilité permet de situer le phénomène dans le temps (par rapport à un repère fixe et conventionnel pour la datation absolue ; par rapport à un événement pour la datation relative). Par sa databilité, le phénomène acquière une première forme de temporalité. Il est possible, à ce stade de la construction historique, de le considérer comme événement, à la condition

que cette databilité soit mise en ouvre dans un cadre spatio-temporel bien défini (un « *hic et nunc* » passé).

L'*historialité* des événements détermine l'ordre dans lequel ils se succèdent dans le temps. Cette historialité dépend en partie des nécessités fonctionnalistes associées aux phénomènes. Elles permettent de reconstituer une chronologie des événements mais cette chronologie se nourrit uniquement de la logique des mécanismes mobilisés. Elle ne conduit pas à une histoire singulière et rationnelle.

L'*historicité* se construit par mise en œuvre des nécessités/contingences historiques : les événements s'imposent mutuellement des conditions de possibilité. Dans le sens chronologique, les événements géologiques « restreignent » le champ des possibles : tous les possibles ne sont dès lors plus possibles. Dans le sens anti-chronologique, la recherche de nécessité par rétrodiction « ferme » le champ des possibles en déterminant l'*événement condition de possibilité.* C'est par l'articulation de ces deux sens de mise en place de l'histoire que l'historicité géologique se construit (voir fig 8.2.6 page suivante).

8.2.4 Les analepses explorent un registre empirique modélisé

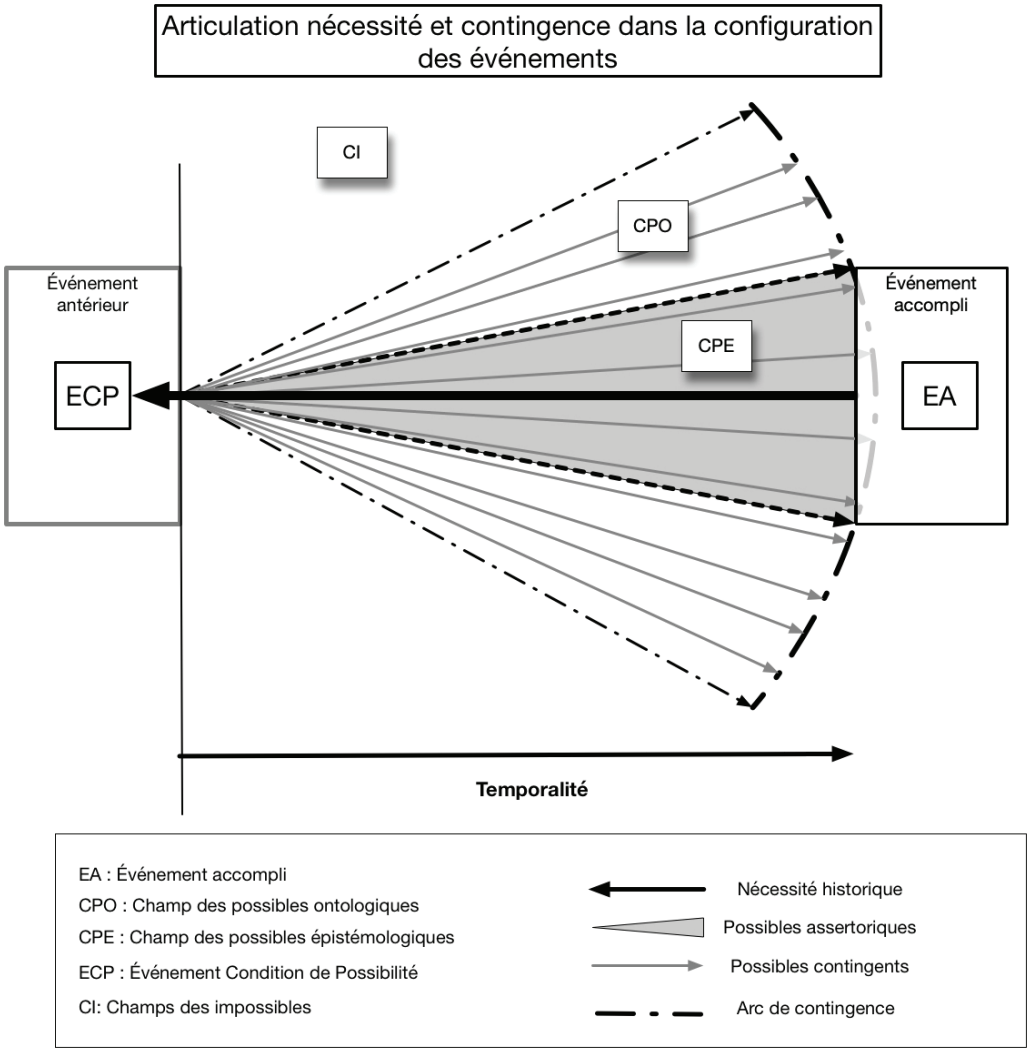
Nous terminons cette exploration des analepses dans le discours du médiateur TG par une analyse des formes du registre empirique mobilisé dans les reconstitutions de l'histoire géologique. En effet, le fait que la médiation se produise volontairement dans un espace naturel suppose que cet espace soit exploité et ne soit pas seulement posé comme un simple décor. Nous avons posé comme hypothèse que les analepses pouvaient permettre de penser les virtualités nécessaires à la construction d'un registre empirique partagé. Nous souhaitons montrer ici que ces analepses sont principalement utilisées pour explorer un récit déjà construit. Ce récit se présente comme une virtualité modélisée, que le médiateur fait parcourir à son public, le long d'une sorte de randonnée narrative

À l'image des archéologues qui fouillent le sol, les analepses permettent une véritable « fouille de l'espace-temps géologique ». Quand le médiateur fait un saut en arrière, il prend soin de « retomber » à un endroit/moment stratégique de l'histoire (un événement-pivot). Revenons sur l'analepse majeure Ep3 :

> *« donc déjà quelque chose d'important, ce granite il est dans les Alpes, aujourd'hui mais il s'est formé bien avant la formation des Alpes » TG-Th1*
>
> *[...]*
>
> *« alors les géologues se sont penchés, qu'est-ce qu'il y a eu au début de la 2eme moitié de l'ère primaire ? » TG-Th5*
>
> *[...]*
>
> *« qu'est-ce qui s'est passé il y a à peu près entre -400 et -350 ma au milieu de l'ère primaire ? » TG-Th11*

Cette analepse est engagée par le médiateur en même temps qu'il a recours à un tableau blanc. Grâce à ce tableau blanc sur lequel il fait des schémas qu'il commente,

FIGURE 8.2.6 – Articulation nécessité et contingence dans la configuration des événements



il procède selon nous à une double expression de l'analepse (Figure 8.2.7) : *verbalisée* et *figurée*.

FIGURE 8.2.7 – Schéma simplifié de l'orogenèse hercynienne : figuration de l'analepse

Ce saut en arrière est *verbalisé* par TG — « *ce granite il est dans les Alpes, aujourd'hui mais il s'est formé bien avant la formation des Alpes [...] qu'est-ce qui s'est passé il y a à peu près entre -400 et -350 ma au milieu de l'ère primaire ?* » *TG-Th1~11* — qui se positionne à une date donnée des temps géologiques, au milieu de l'ère primaire (organisation temporelle). Ce saut en arrière est également figuré au travers d'un schéma qui représente les positions relatives des objets géologiques, des « sortes de continents » répartis sur la planète Terre (organisation spatiale). Nous voyons là le soin particulier que prend TG pour organiser son exploration spatio-temporelle du passé. Grâce à cette double localisation, principalement spatiale sur le schéma (très sommaire au demeurant), et surtout temporelle dans le discours, il remonte le temps : la place relative de chaque élément du schéma représente une époque, explicitée dans le discours. Cette rétro-exploration se fait donc dans le temps et dans l'espace par le biais des éléments figuratifs commentés du schéma. Cette approche organise un « voyage » dans le temps, à la recherche de l'origine des structures géologiques actuelles. Mais les mouvements que sont amenés à faire ces objets-continents sur le schéma (les petits ronds dans le grand) reproduisent là encore une histoire chronotrope : le médiateur raconte, dans le sens chronologique un modèle de déplacement des « plaques » à l'œuvre lors de la formation de la chaine hercynienne. Or ces objets-continents (représentant de façon ambiguë autant des plaques tectoniques que des continents) auraient pu être « manipulés » dans le sens anti-chronologique : dès lors, un écartement anti-chronologique des objets géologiques sur le schéma aurait permis au médiateur de dire le besoin de leur rapprochement. Il aurait pu construire ainsi la nécessité d'un mécanisme de convergence à l'origine de la formation d'une chaine de montagne. Cette convergence

n'est pas présentée ici comme une nécessité mais plutôt comme un événement avéré, une solution à un problème non-posé. L'association analepse/chronotrope amène en quelque sorte le médiateur à feuilleter un livre vers les pages du début pour simplement reprendre le flot de l'histoire.

On note également que le réel de terrain reste le grand absent de cette démarche. Les remontées dans le temps ne prennent place que dans les formes abstraites du discours ou dans les éléments théoriques du modèle schématique. Le registre empirique est donc peu exploité et il ne contraint pas le registre théorique. Aucun objet de terrain n'est utilisé pour appuyer l'analepse qui fait ici remonter l'histoire au début de la chaine hercynienne. Pourtant les roches existent : les granites de la racine de la montagne hercynienne sont accessibles à l'observation à proximité du refuge. Le médiateur n'exploite pas ces indices de terrain (pas de construction d'un registre empirique partagé). De ce fait, il ne construit pas d'événement géologique : l'histoire prend une allure de récit « modélisé » construit principalement sur le modèle fonctionnaliste de la tectonique des plaques. C'est le récit cadre théorique qui prévaut ici. La dimension contingente de l'histoire d'une telle aiguille de granite est ici effacée.

CONCLUSION : L'ANALEPSE, UN OBSTACLE À LA CAUSALITÉ NARRATIVE

En conclusion, les analepses sont des outils narratifs utilisés semble-t-il assez spontanément par le médiateur TG qui, par leur mise en œuvre, va à la recherche de l'origine des événements.

Tout d'abord, le médiateur TG explicite très peu cette démarche comme étant celle d'un enquêteur qui tente de reconstituer une histoire géologique. De ce fait, nous pensons que, intuitivement, les spectateurs sont amenés à penser que les phénomènes géologiques sont prédéfinis par un ensemble de causes qu'une approche fonctionnaliste serait en mesure de prédire. Or nous avons dit que les reconstitutions historiques en géologie mobilisent avant tout une articulation rigoureuse des nécessités (fonctionnalistes et historiques) et des contingences. Une explicitation du recours aux analepses nous parait dès lors nécessaire, même sous une forme partielle, pour montrer que *l'actualisme* (retour vers le passé dans le cadre d'une démarche fonctionnaliste) et la *rétrodiction* (retour vers le passé dans le cadre d'une démarche historique) sont les principes méthodologiques de la géologie historique.

Ensuite, nous avons pu mettre en évidence le rôle que jouent les analepses dans les constructions narratives du discours. Les mises en récit auxquelles procède le médiateur sont en effet en partie prises en charge par les analepses qui entretiennent

la tension narrative. L'intrigue qui s'installe dans les récits du médiateur est ainsi portée par des formes de problématisation qui engagent les questionnements à propos de son enquête de terrain.

Cependant, ces problématisations sont principalement des problématisations fonctionnalistes qui construisent des phénomènes et non des événements. Les problèmes se construisent presque exclusivement sur des nécessités fonctionnalistes, qui cantonnent l'histoire à sa dimension mécaniste. Les événements sont de ce fait des « *occurrences temporelles phénoménalisées* ». Or nous avons précisé que les événements ne pré-existent pas à l'histoire : ils en sont *émergents* en même temps qu'ils *configurent* les *temps linéaires* du récit. Les constructions narratives mises en œuvre dans de telles médiations pourraient donc porter cette configuration des événements, mais nous voyons qu'elles ont plutôt tendance à inverser ce rôle du récit : au lieu de produire les événements, le récit se construit à partir du succession de faits qui sont présentés comme des phénomènes qui se suivent dans le temps. Les événements sont au contraire issus du récit : c'est parce qu'ils sont configurés (organisés autour des nécessités et des contingences) qu'ils prennent naissance comme événements. Sinon ils ne sont que des occurrences dans les temps linéaires. L'histoire géologique, comme toute histoire, ne peut se construire sur ces seules occurrences.

Chapitre 9

CONSTRUCTION DES POSSIBLES : LA FICTION ET L'ARTICULATION ACTUEL / NON-ACTUEL

Nous en arrivons, dans ce dernier chapitre, au point où nous devons discuter du rôle de la fiction dans la construction des possibles. Pour cela, nous souhaitons focaliser notre attention sur l'*articulation de l'actuel et du non-actuel* qui est à l'œuvre dans l'activité de fictionnalisation. Cette discussion s'organise en trois axes : dans le premier, nous discutons les modalités d'immersion fictionnelle dans la mise en place du discours de médiation. Nous analysons ensuite le *contrôle de la similarité relative* pris en charge par la fiction. Dans un dernier axe, c'est le *non-actuel* qui occupera nos discussions dans des analyses approfondies de la mimesis fictionnelle.

9.1 LE DISCOURS DE MÉDIATION ENGAGE LE PUBLIC DANS UNE IMMERSION FICTIONNELLE

9.1.1 Le « déjà-écrit » est un monde fictionnel à explorer

Nous avons eu évoqué auparavant le fait que les médiateurs pouvaient être amenés, de part la façon dont ils mettaient en œuvre leur récit, à considérer l'histoire géologique comme « déjà écrite ». Nous signifions par là une tendance des médiateurs à mettre en scène un « *re-raconter* » plutôt qu'un « *construire* » un récit. Nous sommes ici amenés à engager une critique de ce premier point de

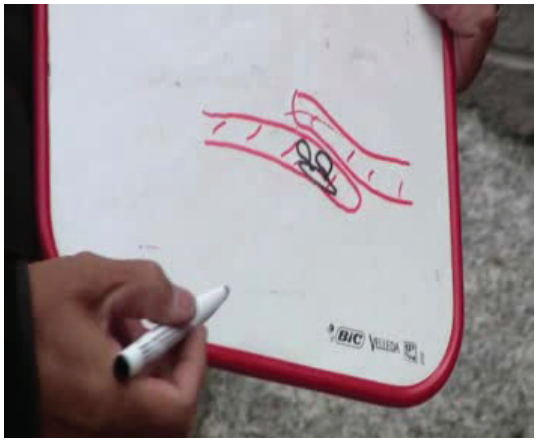
vue, notamment en considérant le rôle tenu par la fiction dans le discours des médiateurs.

Dans le discours du médiateur TG, nous avons pu mettre en évidence une sorte de promenade dans le récit, qui se présente comme une *immersion* dans un énoncé de géologie historique : des phénomènes géologiques sont expliqués et replacés dans une temporalité, qui constitue un récit (mais dont nous avons longuement précisé les limites dans les paragraphes précédents). Nous avons choisi, parmi de nombreux passages, celui qui nous paraissait le plus pertinent pour évoquer cette dimension immersive d'une « randonnée narrative » :

> « donc , si je revient à mon schéma, ici, si ces trois continents se sont rapprochés, les continents se sont passés les uns sous les autres, jusqu'au moment où le système se bloquant, qu'est-ce qui s'est passé ? » TG-Th34
>
> « Et bien , une gigantesque montagne a surgi en plein milieu de ce continent, Pangée, et cette chaîne de montagne qui allait des Appalaches à l'Oural, c'est la chaîne Hercynienne » TG-Th35
>
> « donc si vous voulez, vous aviez un continent ici et vous en aviez un autre qui est passé par dessous ici, et quand ça s'est bloqué, le continent qui est dessous est revenu à l'horizontal, et donc vous vous êtes retrouvés avec quelque-chose qui a fait ceci... » TG-Th36
>
> « voilà la 2eme étape après le soulèvement, et ça c'est une chaîne de montagne, c'est la chaîne Hercynienne » TG-Th37

Une telle mise en récit chronotrope, si comme nous l'avons dit ne répond que très partiellement aux enjeux épistémologiques de la reconstitution de l'histoire géologique, permet cependant, d'après cet exemple, de parcourir un univers d'objets géologiques bien balisé, prédéfini et organisé. Le rôle du médiateur dans ce cas est de guider les spectateurs dans un musée virtuel, dans lequel les objets doivent être imaginés. Cette sollicitation de l'imaginaire relève de la fiction, qui permet de penser une « animation » des objets qui dans l'actuel sont statiques : *« ces trois continents se sont rapprochés / les continents se sont passés les uns sous les autres / une gigantesque montagne a surgi / vous aviez un continent ici / vous en aviez un autre qui est passé par dessous ici [...] » TG-Th34—37.* Par la fiction, le médiateur conduit les spectateurs à une immersion dans un monde fait d'objets virtuels au sein desquels chacun peut évoluer par la pensée. En ce sens, la fiction donne accès à un mode de représentation des univers géologiques passés.

Le médiateur TG, lorsqu'il aborde la thématique de la fusion des roches à l'origine du magma granitique, procède également à une modélisation schématique grâce à une « cartographie » du monde à imaginer :



« donc au fur et à mesure que j'ai grignoté la montagne, eh bien les racines vont se soulever, puisqu'il y aura moins de pression par dessus » TG-Fuh2

« et si mes racines se soulèvent au fur et à mesure que je grignote la chaîne de montagne, elle vont remonter, les racines qui remontent vont se retrouver à des profondeurs de plus en plus faibles » TG-Fuh3

« et comme elles remontent très vite parce que l'érosion géologiquement est assez rapide, qu'est-ce qui va se passer ? les racines de cette chaine de montagne vont subir une baisse de pression très rapide alors qu'elles vont toujours rester à haute température et qu'est-ce qui va se passer ici ? » TG-Fuh4

« et bien une partie des racines de la montagne va se mettre à fondre » TG-Fuh5

Le schéma de TG correspond ainsi à une forme de fictionnalisation qui lui permet d'évoquer les phénomènes géologiques (ici celui de subduction continentale) mettant en jeu des échelles difficiles d'accès : les objets géologiques concernés ici sont, d'après le médiateur, les *continents*, d'échelle méga-kilométrique ; le *phénomène de subduction continentale* quant à lui se déroule à une vitesse difficilement perceptible (et imaginable) à l'échelle humaine (quelques cm/an).

Nous voyons donc que la fiction représente pour le médiateur un moyen d'accès à des virtualités géologiques qui sont ordinairement difficiles à (faire) imaginer. Mais cela suppose pour le médiateur que le monde « *à imaginer* » pré-existe à son énonciation. Cela a pour conséquence que l'histoire pré-existante soit en partie modélisée et constitue une référence organisée et contrôlée : des objets bien circonscrits, engagés dans des phénomènes géologiques épurés —quelques variables seulement sont mobilisées. Cela nous renvoie de nouveau à ce que nous avons défini comme un obstacle dans la médiation de l'histoire géologique : le modèle historique. En effet, en faisant référence à une histoire modélisée, le médiateur met en péril la construction de la contingence dans l'histoire géologique. Les nécessités sont principalement de nature fonctionnaliste (fictionnalisation de phénomènes géologiques) et la contingence est absente : il n'y a plus d'histoire mais seulement une mise en récit chronotrope d'un modèle fonctionnaliste.

9.1.2 Immersion fictionnelle par ré-instanciation : le médiateur fait re-jouer le passé

Nous analysons ici la situation Fournel-RC pour mettre en évidence un autre aspect de la fictionnalisation de l'histoire géologique. Nous souhaitons montrer que l'immersion fictionnelle est utilisée par le médiateur pour faire « rejouer la scène » en plaçant le spectateur au milieu de l'événement géologique.

Le premier exemple que nous avons choisi d'analyser est tiré de l'arrêt « Gros banc de calcaire à nummulites » :

> « et puis ce socle s'est retrouvé ennoyé par de l'eau » RC-N243
> « un bassin peu profond au début » RC-N244
> « ce bassin peu profond a vu se déposer quelques dizaines de mètres de calcaire » RC-N245
> « ça fait un gros...ça fait une belle épaisseur quand même »RC-N246
> « m'enfin, quelques dizaines de mètres de calcaire » RC-N247
> « dans lequel on a vu ces nummulites » RC-N248
> « et ces nummulites nous disent : pas profond » RC-N249
> « et en plus elles nous disent : oui mais à un moment donné, y quelqu'un qui m'a marché dessus, et oui parce qu'elles sont un petit peu écrasées » RC-N250

Dans la situation que nous présente ici le médiateur RC, le phénomène de sédimentation des calcaires et des nummulites est positionné dans une temporalité qui prépare la configuration de l'événement géologique « en construction » (dépôt du calcaire à nummulite Priabonien du Fournel). La structure est ici aussi de nature chronotrope (cela vient, comme nous l'avons dit, du fait que la fictionnalisation se met en place à partir d'un pré-construit modélisé) et engage le spectateur dans une mise en scène qui « rejoue l'événement ». Mais, et c'est là un point important : le temps verbal utilisé dans la première partie de la citation (RC-N243—RC-N245) est l'imparfait. Cela signale que l'événement est passé. Par contre, le présent utilisé ensuite, permet de mettre en scène une nummulite qui parle au public, pour lui dire les informations qu'elle peut fournir en tant qu'indice d'une paléo-géographie.

Dans un deuxième exemple, nous montrons que RC met en place une véritable ré-instanciation de l'événement géologique, au sens où il se replace dans un contexte pour faire rejouer la scène :

> « quelqu'un est arrivé » RC-HC170
> « qui s'est posé la dessus » RC-HC171
> « et puis qui t'as écrasé tout ça en avançant » RC-HC172
> « et je t'avance là-dessus » RC-HC173

Dans cet exemple, RC mime un « colosse » qui écrase les marnes contenant des globigérines. En utilisant une telle analogie, il cherche à faire comprendre les déformations qui sont visibles dans les roches. Il sollicite son public pour

imaginer les contraintes qui s'exercent sur les roches et qui conduisent aux linéations caractéristiques de ces schistes.

En conclusion, nous pouvons dire que l'immersion fiction est mise en œuvre au travers d'une ré-instanciation des événements géologiques. Dans la mesure où la scène est implicitement présentée comme une nouvelle « *actualisation* » (accomplissement dans un nouveau « *hic et nunc* »), elle possède des caractéristiques d'événement plus que de phénomène. Elle est donc dans une historialité : dans cet exemple, le médiateur utilise donc la fiction au service d'une reconstitution historique, et pas seulement une modélisation.

Mais si nous souhaitons aller plus loin dans l'analyse de cette immersion fictionnelle dans les médiations de terrain, nous devons nous questionner sur les caractéristiques que revêtent les mondes fictionnels envisagés par les médiateurs. Cela nous conduit ainsi estimer dans quelle mesure le médiateur de terrain contrôle la similarité relative des mondes qu'il met en place dans l'imaginaire de son public.

9.2 LE CONTRÔLE DE LA SIMILARITÉ RELATIVE ACTUEL/NON-ACTUEL DANS LES MODÉLISATIONS PRODUITES PAR LES MÉDIATEURS

Nous cherchons à mettre en évidence deux dimensions de la fiction exploitées par les médiateurs de terrain. Tout d'abord, nous montrons que la fiction permet de gérer un « *faire-croire* » qui joue avec la réalité du spectateur. Ensuite, nous mettons en évidence que les *modélisations analogiques* auxquelles se livre la fiction se focalisent sur un nombre restreint de variables, ce qui permet non seulement de simplifier la « manipulation du modèle » mai également de faciliter l'accès au virtuel qu'il suppose.

9.2.1 Des feintises pour « faire croire » que l'on ne dit pas la réalité

Feindre, c'est faire passer une chose pour ce qu'elle n'est pas. Mais dans le cadre de la fiction tel que nous l'avons défini, cette feinte autorise à ne pas modéliser la réalité de façon fidèle. C'est d'ailleurs là que se situe la dimension ludique de la fiction. Ainsi, en faisant croire qu'elle ne dit pas la réalité, elle produit l'effet inverse. Le « *faire croire* » se transforme dès lors, par un effet de jeu pris au sérieux en « *faire comprendre que* ».

Un recours caractéristique à la fiction est présent dans le discours de médiation

de TG. Il construit un schéma sur un tableau blanc (la planète Terre au début de l'orogenèse hercynienne), en précisant que ce qu'il dessine n'est pas la réalité :

« alors de façon complètement aléatoire, ce que je fais ne repose sur aucun schéma réel, c'est juste pour simplifier, j'en dessine un, deux, trois, c'est pas la tête à toto mais c'est la terre au début de l'ère primaire » TG-Th17

Cette façon qu'a le médiateur de ne reposer « sur aucun schéma réel » permet de comprendre son positionnement vis-à-vis de la fiction. Tout d'abord, il désigne la façon dont il fait son schéma comme « complètement aléatoire », ce qui pour nous n'a pas de sens, puisque justement, son schéma, nourrit du modèle de la tectonique des plaques, est excessivement contraint. Il n'est donc pas soumis au hasard, mais à des règles inhérentes au modèle. Il est possible de penser que le médiateur n'utilise pas ici le terme aléatoire dans son acception habituelle. Il voulait peut être signifier « ne répondant pas aux règles de la rigueur scientifique ». Mais de ce fait, il construit, selon ses mots, un schéma qui n'est pas réel. Mais comment le serait-il ? Quel schéma pourrait être réel ?

Il précise ensuite que « *c'est juste pour simplifier* » : la dimension fictionnelle de son schéma permet en effet de simplifier fortement la paléo-géographie des continents au début de l'ère primaire. Nous voyons là une des possibilités offertes par la fiction d'engager l'imaginaire dans la construction d'un monde (géologique) possible tout en contrôlant sa similarité relative avec le monde actuel. Dans cet exemple, nous voyons que la similarité entre l'actuel et le monde schématisé est faible : mais en conséquence, le contrôle que peut en faire le médiateur est important. Le faible nombre de variables impliquées dans ce schéma en fait un schéma accessible.

Il reste néanmoins à se questionner sur les caractéristique de ce monde construit par similarité relative. Les continents très fortement simplifiés ne répondent en effet que très partiellement aux contraintes du modèle qu'il mobilise : car le modèle de tectonique des plaques se fonde sur des objets géologiques qui sont des plaques lithosphériques et non des continents. Il semblerait que sur ce point, le médiateur a fait le choix de ne pas faire de distinction continents / plaques.

La simplification extrême à laquelle le médiateur procède dans cette partie de son discours est rendue possible par la fictionnalisation du modèle de la tectonique des plaques, qui laisse le spectateur imaginer la planète telle qu'elle était au début

de l'ère primaire. Cependant, si par ce biais le médiateur parvient facilement à maitriser son modèle, il peut difficilement prendre le contrôle de l'imaginaire de son public.

9.2.2 Des modélisations analogiques qui se focalisent implicitement sur les variables fortes des phénomènes

Une autre forme de modélisation nous intéressent ici dans la mesure où elle mobilise des formes de fiction : un mime que fait le médiateur RC en même temps qu'il explique les déformations particulières dans les grès du Champsaur. Nous souhaitons mettre en évidence que dans cette situation, le médiateur s'appuie également sur un petit nombre de variables dans la mise en scène du phénomène géologique (ici la déformation des grès et des flyschs selon une direction privilégiée qui donne une forme particulière aux trains de plis).

Le dernier arrêt de la situation Fournel-RC se déroule devant, mais à distance d'un affleurement de grès du Champsaur, dans lesquels des plis sont visibles. En fait, ils ne le sont guère et le médiateur RC qui en a conscience met en œuvre un moyen pour aider son public à se faire une idée de ce qu'il faut voir dans cet affleurement. Nous avons déjà évoqué cette scène, mais nous la présentons de nouveau pour l'analyser sous une autre perspective :

« et bien regardez ce que je vais faire avec mon short » RC-F42

Afin de faire comprendre les plis couchés qui sont « visibles » dans les grès, le médiateur RC fait une expérience de modélisation analogique avec son short. Cette modélisation sert de support pour imaginer les déformations dans la roche. Les spectateurs savent intuitivement que le short représente la roche, que la main de RC représente la force à l'origine de la déformation. Les gestes du médiateur ne sont pas explicités : l'imagination qui est ici stimulée est censé produire la représentation du phénomène à l'œuvre dans ces grès.

Il faut noter cependant que dans cette situation, la modélisation est à nouveau de type fonctionnaliste : le modèle déterministe l'emporte sur son accomplissement en tant qu'événement. Il semble donc que la fiction, dans les quelques cas que nous avons analysés, soit prédisposée à fournir un cadre aux virtualités que nécessite la géologie de terrain.

Le contrôle de la similarité relative dans le cas de la mise en œuvre de modélisations se fait par restriction du nombre de variables. Le faible nombre de variables prises en charge permet de focaliser l'imaginaire sur une dimension essentielle du phénomène, que ne permettrait pas un modèle avec trop de variables. La fiction s'y prend donc comme toute approche scientifique qui « épure » ses modèles explicatifs pour mieux en maitriser le fonctionnement. La fiction n'est donc pas seulement un outil pour créer des mondes immersifs ; elle répond également aux besoins de construire les phénomènes géologiques au travers d'épures, qui modélisent le non-actuel.

Cependant, le fait que la fiction donne accès à la modélisation tend à en faire un outil *narratif* (elle reconstitue des événements) et *fonctionnaliste* (ces événements sont fortement phénoménalisés). Il nous reste dès lors à comprendre dans quelle mseure la fiction pourrait jouer un rôle dans la *construction de la temporalité géologique*. Mais avant cela, nous devons préciser les modalités d'*exploration du non-actuel* géologique par les feintises ludiques partagées.

9.3 LE NON-ACTUEL GÉOLOGIQUE EST EXPLORÉ GRÂCE À LA MIMESIS FICTIONNELLE

Nous avons précisé dans nos analyses antérieurs le besoin pour le médiateur de procéder à la construction d'un registre empirique partagé. Il s'agit en effet d'explorer un environnement géologique afin d'en faire émerger des indices de son passé. Ce travail de construction des indices suppose de mobiliser un univers d'abstractions (le registre théorique) qui, par confrontation avec le registre empirique, conduit à formuler un problème à résoudre.

Nous montrons dans cette partie que dans le cadre des discours de médiation que nous avons analysés, une telle problématisation, principalement fonctionnaliste, est portée par des activités de mimesis fictionnelles, qui ont pour effet majeur de : (a) produire un gain cognitif (b) simplifier les représentations du réel (c) permettre la manipulation du virtuel.

9.3.1 Des mimesis fictionnelles qui produisent un gain cognitif

Nous avons pu montrer dans le discours des médiateurs que les mimesis fictionnelles engageaient les modélisations dans la recherche de *possibles* et de *nécessaires*. En cela, elles apportent un gain cognitif vis-à-vis du phénomène géologique en donnant accès à des dimensions du phénomène qui ne sont pas intuitivement accessibles. Deux exemples nous permettent de mettre en évidence cet aspect : l'un concerne la « production » d'indices de terrain (linéations dans les schistes à globigérines) ; l'autre met en œuvre une expérience de pensée « culinaire ».

Dans la situation Fournel-RC, le médiateur souhaite montre à son public que les schistes à globigérines présentent des linéations caractéristiques qui sont interprétées comme des indicateurs d'un déplacement E—W ou W—E des terrains nummulitiques. Son intervention se construit de telles manière qu'il mobilise dans son cadre théorique avant de procéder à sa recherche sur le terrain. Il précise ainsi qu'il souhaite trouver des indices d'une déformation qui a été posée en hypothèse à l'affleurement précédent (calcaire à nummulites).

> « alors ce qui est intéressant c'est de bien regarder ces objets » RC-HC08
>
> « et il faudrait essayer de bien regarder s'il n'y a pas des indices un petit peu comme ce que nous avons trouvé avec des nummulites écrasées » RC-HC09

Dans son exploration du terrain, RC est ici dans un mode de raisonnement que nous avons déjà défini comme hybride entre un *raisonnement hypothético-déductif* (HD) —il cherche à valider l'hypothèse que le terrains ont été déplacés— et un *raisonnement abductif* (Abd) — il cherche un indice supplémentaire pour valider l'hypothèse d'une déformation. Mais pour faire cette exploration, il a besoin de construire avec son public une image pré-définie de l'objet qu'il recherche :

> « alors est-ce que vous pouvez essayer de trouver des indices » RC-HC82
>
> « qui permettraient de donner finalement une indication sur cette déformation » RC-HC83
>
> « alors pour ça ... » RC-HC84
>
> « alors il peut y avoir des micro-plis » RC-HC85
>
> « ce qui peut être intéressant, c'est sur les plaques comme ça » RC-HC86
>
> [...]
>
> « si vous regardez bien, je vais essayer de regarder » RC-HC88
>
> « voilà faut essayer de trouver »RC-HC89
>
> « sur les plaques, sur les plaques » RC-HC90
>
> « on peut trouver quelquefois » RC-HC91
>
> « alors l'idéal, c'est de les trouver en place » RC-HC92
>
> « mais tant pis y a qu'à les chercher dans l'éboulis » RC-HC93
>
> « vous pouvez voir des petits tirets noirs » RC-HC94
>
> « mais qui sont tous dans la même direction » RC-HC95
>
> « des petites lignes » RC-HC96

Le médiateur RC est ici à la recherche des linéations dans le schistes. En faisant imaginer à son public le processus par lequel ces linéations se sont formées, il donne non seulement la possibilité de les trouver sur le terrain, mais également il les construits autour de leur nécessité. Pour pouvoir dire qu'il y a eu déformation, il faut trouver des linéations qui traduisent la trace laissée par le processus lorsqu'il s'est produit :

```
« tout est dans le même sens » RC-HC143
« ça fait comme ça » RC-HC144
« alors ... comment... et beh voilà » RC-HC145
« et c'est pas un écrasement comme ça »RC-HC146
« imaginez que vous ayez un petit gravier noir dedans » RC-HC147
« si vous aplatissez, ça vous fait un rond » RC-HC148
« si vous aplatissez comme ça (geste de la main ) » RC-HC149
« ou comme ça idem » RC-HC150
« si vous faite ça glissement une main sur l'autre » RC-HC151
« ça vous fait une ligne » RC-HC152
« votre petit grain il fait une ligne » RC-HC153
« alors quelque fois ce qui est formidable, c'est que le petit grain il
    fait une ligne » RC-HC154
```

De ce point de vue, le médiateur procède bien à la mise en scène d'une enquête de terrain : il faut trouver des indices d'un événement géologique qui s'est produit à cet endroit à un moment donné de l'histoire géologique du Fournel. La projection dans l'imaginaire que suppose la recherche de ces linéations repose sur la fiction. Le médiateur sollicite ses spectateurs pour qu'ils s'imaginent la trace laissée par un petit grain dans le schiste sous l'effet du déplacement lié à la compression (qu'il a d'ailleurs définie en introduction et dont il cherche les indicateurs sur le terrain). Pour que cette reconstitution « imaginée » soit bien menée, le médiateur doit poser ce « grain » comme *nécessaire*, ainsi que le « déplacement » qui est posé comme *nécessaire* à la production d'une linéation. Ces linéations sont également envisagées comme *possibles* dans le cadre de la recherche de terrain. L'articulation du nécessaire et du possible tendent ici à mettre en scène une forme de *contingence* qui convient bien à la reconstitution historique. Même si le *possible* qui est envisagé dans ce cas ne relève pas d'une véritable contingence historique mais plutôt de la méthodologie suivi sur le terrain (il est « possible » de trouver un indice de déplacement), cette contingence est en mesure selon nous de participer à la création d'un effet de construction historiciste des événements.

Dans la situation Dibona-TG, le médiateur, lorsqu'il évoque les divers processus pouvant conduire à la production de magma, est amené à faire une analogie que l'on désigne trivialement comme « culinaire » :

```
« comment on fait du caramel ? » TG-M35
```

Les spectateurs doivent imaginer faire du caramel et se questionner sur les contraintes physico-chimiques qui y sont associées :

> « alors, du sucre, ouais c'est pour ça que c'est bon, et de l'eau ? Un petit peu, un petit peu d'eau » TG-M36
>
> « si tu prends juste un morceau de sucre et que tu le mets sur une flamme, il faudra une tř très élevée pour le faire fondre » TG-M37
>
> « mais si tu lui mets juste un petite goutte d'eau, il va se mettre à fondre et il devient du magma qu'on appelle du caramel » TG-M38
>
> « eh bien les roches si vous leur rajouter de l'eau, les roches en profondeur, et bien une roche hydratée va fondre, d'accord, alors que une roche qui est déshydratée, il lui faudra un tř beaucoup plus élevée pour fondre » TG-M39
>
> « donc si moi je suis capable d'injecter dans le manteau terrestre, de l'eau dans des roches qui sont normalement solides, cette eau va faire fondre les roches du manteau » TG-M40

La mimesis fictionnelle est représentée ici par le fait que les spectateurs doivent imaginer une expérience possible dans le monde réel (au sens commun de « concret »). La connaissance du mécanisme qui fait que la présence d'eau abaisse la température de fusion du sucre (et par analogie, celle de la roche) n'est pas exploré dans cette modélisation par la pensée. Elle semble servir néanmoins à explorer un possible dans la compréhension du phénomène de fusion des roches.

De plus, nous notons que nous sommes là dans une problématisation de type fonctionnaliste : il s'agit pour le médiateur de mettre en évidence le déterminisme d'un phénomène géologique qui n'embarque pas le temps, si ce n'est comme une variable interne au système et qui n'est pas engagée comme une contrainte forte de ce système.

Quoiqu'il en soit, une telle analogie portée par une mimesis fictionnelle conduit à l'exploration des éléments pertinents du phénomènes : l'eau joue un rôle au même titre qui la pression et la température. Le médiateur tente donc par cette analogie de déconstruire l'intuitif autour de la température comme variable prédominante pour entrainer le fusion d'un matériau.

En conclusions, nous avons pu mettre en évidence que les médiateurs, dans les situations que nous avons étudiées, mettent en œuvre des formes de mimesis fictionnelles.

Ils procèdent notamment à des descriptions virtuelles des indices de terrain que les spectateurs doivent d'abord imaginer, reconstituer, afin de rechercher sur le terrain ces indices. Cette mimesis fictionnelle s'inscrit donc dans une problématisation, qui met en tension les registres empirique et théorique. Mais elle engage également à une forme de problématisation historique dans la mesure où, à une historialité des événements elle ajoute des antériorités nécessaires, propre à construire l'historicité des événements géologiques.

Mais la mimesis fictionnelle n'ouvre pas forcément à une exploration historiciste des événements géologiques. Elle peut s'en tenir également à une simple construction fonctionnaliste des phénomènes. C'est le cas notamment dans l'expérience de pensée associée à la préparation du caramel (situation Dibona-TG) : imaginer une expérience par la pensée ne mobilise dans ce cas aucune temporalité.

Nous révélons une fois de plus l'obstacle majeur qui s'impose à nos situations : l'écartement méthodologique du temps tend à produire des explications fonctionnalistes et donc à s'opposer à la reconstitution historique.

9.3.2 Des mimesis fictionnelles qui simplifient les représentations du réel

Les mimesis fictionnelles n'apportent pas seulement un gain cognitif dans la mise en œuvre des concepts de la géologie sur le terrain. Elle participe à une opération se simplification qui est très présente dans les situations de médiation scientifique. Nous souhaitons mettre en évidence ici que la mimesis fictionnelle participe à la simplification des représentations du réel. Nous reprenons pour cela l'exemple de TG de « *la tête à toto* » utilisée pour décrire les mouvements des continents au début de l'ère primaire ; nous reprenons d'autre part la mise en scène faite par RC pour faire parler les nummulites.

Le schéma utilisé par TG lorsqu'il remonte au début de l'ère primaire pour « raconter » l'orogenèse hercynienne présente ces caractéristiques de simplification de représentation du réel. L'enjeu pour ce médiateur, c'est de focaliser son attention sur certains aspects de cette orogenèse : les mouvements de continents. Il ne représente dès lors sur son tableau banc que ces objets géologiques. Mais il ne laisse pas de place à l'imaginaire de ses spectateurs quant au moteur du déplacement des continents, leur vitesse, ... Paradoxalement, après une simplification extrême du modèle de tectonique des plaques, et des reformulations variées, le médiateur TG mobilise des concepts géologiques complexes :

> « alors de façon complètement aléatoire, ce que je fais ne repose sur aucun schéma réel, c'est juste pour simplifier, j'en dessine un , deux , trois, c'est pas la tête à toto mais c'est la terre au début de l'ère primaire » TG-Th17
>
> « les continents sont portés vous savez par ce que l'on appelle les plaques, vous avez entendu parler des plaques, les plaques c'est toute l'enveloppe rigide qui entoure notre planète et qui sont fractionnées comme des pièces de puzzle par les mouvements qui affectent le manteau terrestre » TG-Th18
>
> « le manteau il est solide mais il est plastique, il bouge. Et ces mouvements craquellent le partie rigide supérieure qu'on appelle le lithosphère » TG-Th19
>
> « et ces plaques vont se mettre à bouger les unes par rapport aux autres » TG-Th20

La notion de plaques rigides en mouvement sur du manteau plastique est un concept qui résiste fortement à la compréhension. Une évocation rapide en quelques mots, même reformulés, ne semble pas capable de construire véritablement le phénomène à l'origine du déplacement de ces continents.

Une telle simplification montre ici ses limites dans la construction des savoirs géologiques.

Dans la situation Fournel-RC, lorsque le médiateur explore avec son public le banc de calcaire à nummulites, il met en scène ces fossiles et les fait parler :

> « les nummulites sont caractéristiques de ce milieu » RC-N205
> « donc vous voyez que la nummulite nous dit oh mais grâce à moi tu peux raconter à tout le monde que le bassin dans lequel s'est déposé ce calcaire était un bassin faiblement profond » RC-N206

La mimesis fictionnelle qui est engagée ici conduit le public à s'imaginer un dépôt par gravité des nummulites dans un environnement peu profond. Ce concept est semble-t-il accessible : imaginer qu'un objet puisse « tomber » au fond de l'eau est une virtualité aisément envisageable pour un amateur.

> « et ces nummulites nous disent : pas profond » RC-N249

De plus, en faisant parler les nummulites, le médiateur focalise son attention sur le fait qu'un indice joue un rôle de témoin des événements passés. En faisant parler ces indices (comme il se l'était fixé comme objectif dans son introduction), le médiateur donne à voir la méthodologie historique de la géologie de terrain. La mise en scène qui consiste à faire parler un objet inanimé relève selon nous de la simplification par mimesis fictionnelle qui rend les représentations du réel plus accessibles.

La mimesis fictionnelle est donc un moyen utilisé par les médiateurs que nous avons étudiés pour imaginer le virtuel. La figuration « mimétique » par des schémas sert de point d'accroche à l'imagination du novice qui ne maitrise pas les objets et phénomènes géologiques. Nous avons néanmoins remarqué que simplifier, dans un unique schéma, les processus de déplacement des continents n'est pas aisé et porteur de nombreux pièges qui font obstacle à la compréhension. La mies en scène par RC des nummulites qui témoignent de leur environnement de sédimentation est typiquement une mimesis fictionnelle qui relève de la feintise ludique partagée. Les spectateurs ont tous moyens de comprendre que les nummulites ne parlent pas : le médiateur présente une telle scène virtuelle que les spectateurs sont amenés à se faire croire à eux-mêmes que les nummulites leur fournissent des informations quant aux condition paléo-géographiques.

Ces analyses montrent que la mimesis fictionnelle semble plus efficace lorsqu'elle est clairement engagée dans une fictionnalisation « exagérée » du réel, qui ne laisse pas d'ambiguïté sur le niveau de virtualité des objets et phénomène mis en jeu. Une fictionnalisation intuitive qui situe la virtualité dans un entre-deux, est porteuse de confusion. Il n'est en effet pas possible pour un amateur, de savoir si les contraintes du registre empirique « fictionnalisé » (le monde possible, imaginé dans le virtuel, mais qui peut potentiellement s'actualiser dans un réel concret) relève de la fiction ou du réel. Cela renvoie à la problématique que nous avons envisagée quant à la similarité relative : le contrôle de la similarité du monde imaginé avec le réel

est directement lié au contrôle dont dispose le médiateur lorsqu'il manipule les phénomènes et événements géologiques. Cette manipulation du virtuel est le dernier point sur lequel nous voulons réfléchir : il s'agit pour nous de préciser en quoi la mimesis fictionnelle permet de manipuler les objets et phénomène virtuels de la géologie dans les situations de terrain.

9.3.3 Des mimesis fictionnelles qui permettent la manipulation du virtuel

Le recours aux virtualités que nous avons pu mettre en évidence dans les paragraphes précédents nous amène enfin à questionner leur « manipulation ». Comment ces virtualités peuvent-elle être bougées, transformées, modifiées, façonnées, ... ?

Le ballet des continents auquel procède le médiateur TG à partir de son tableau blanc est révélateur selon nous de la capacité de la mimesis fictionnelle à permettre de manipuler le virtuel. Ces virtualités ne sont pas seulement « imaginées » seulement dans leur existence. Elles ne sont pas statiques. Elles sont non seulement animées, mais également « manipulables ». Le médiateur peut en faire ce qu'il veut. En ce sens, ces virtualités sont des marionnettes que le médiateur manipule semble-t-il à se guise. Voyons comment TG manipule ces objets et phénomènes virtuels.

Le recours au tableau blanc est un support important pour donner une forme d'existence aux objets virtuels tels que les continents.

> « hein , voilà, et maintenant, ça va commencer à nous intéresser, parce qu'un morceau qui va commencer à se détacher ici, qui va avoir une forme un peu triangulaire, d'accord, il va se détacher, voilà comme cela , hop, (schéma) un petit triangle qui se détache de l'Afrique va venir remonter petit à petit, jusqu'à venir s'encastrer sous l'Asie, en ayant bien entendu refermer cette partie là de l'océan alpin, ce petit bout triangulaire c'est l'Inde » TG-F-Oa13
>
> « et l'Inde qui va venir s'encastrer sous l'Asie va créer le début d'une grande chaîne de montagne, qui se terminera aux Alpes un peu plus tard, c'est bien entendu, la chaîne de l'Himalaya » TG-F-Oa14
>
> « attendez, l'Inde qui se détache de l'Afrique ouvre un nouvel espace océanique, l'Inde en se détachant de l'Afrique a ouvert un océan récent qui est l'océan... indien, très bien » TG-F-Oa15

En s'appuyant sur les objets-continents figurés sur son schéma, le médiateur manipule les virtualités qui y sont associées : déplacement horizontaux et verticaux, déformations notamment. Les continents constituent ainsi des marionnettes manipulables dans un monde virtuel reconstitué à l'occasion par le médiateur. Cependant la façon dont le médiateur montre ce qu'il s'autorise à faire de ces marionnettes est déterminant sur la reconstitution historique. Les marionnettes doivent répondre en effet aux nécessités fonctionnalistes du phénomène (ici mises en œuvre par un actualisme de temps longs qui permet de décrire le lent déplacement de l'Inde vers le Nord) et aux nécessités historiques (une telle reconstitution du déplacement de l'Inde vers le Nord ne dépend pas du fonctionnement d'un modèle : les nécessités mobilisées sont donc bien différentes). Nous remarquons ainsi dans cette manipulation du virtuel que le fonctionnalisme dirige l'histoire. L'actualisme de temps longs, qui construit le phénomène tectonique de déplacement de l'Inde, est poussé au maximum de ses capacités explicatives, voire même au delà. Il est utilisé comme méthodologie de construction de l'histoire géologique, alors que celle-ci ne peut-être reconstituée qu'au travers d'une rétrodiction. Elle ne peut prendre la forme du chronotrope que l'on voit ici. La manipulation de ces marionnettes-continents devient dès lors une mise en scène linéarisée de phénomènes mis bout à bout. L'histoire qui est alors racontée est une histoire solution que le médiateur fait rejouer à ses marionnettes. Ces continents-marionnettes répondent à des nécessités fonctionnalistes : ils sont construit comme objets géologiques mais ne donnent pas lieu à des événements géologiques. Une telle reconstitution prend des allures de modèle historique vers lequel toute histoire géologique tend à s'approcher. Il n'y a pas là de contingence historique : l'histoire géologique semble déjà écrite.

Dans la situation Fournel-RC le médiateur n'a pas de tableau blanc ; il ne peut donc pas recourir à la figuration pour construire ses explications [1]. Voyons comment il s'y prend au travers d'un exemple sur lequel nous nous sommes déjà arrêtés :

1. Il a cependant, au début de son intervention, commenté des schéma qui reconstituaient les grandes étapes de l'histoire des Alpes. Ces documents sont présentés en annexe.

```
« mais là on a écrasé en faisant ça (mouvement de la main) » RC-HC164
« ou ça (mouvement de la main) » RC-HC165
« donc quelqu'un est arrivé » RC-HC166
« quelqu'un entre guillemets » RC-HC167
« on est entre nous » RC-HC168
« ne le répétez pas, hein » RC-HC169
« quelqu'un est arrivé » RC-HC170
« qui s'est posé la dessus » RC-HC171
« et puis qui t'as écrasé tout ça en avançant » RC-HC172
« et je t'avance là-dessus » RC-HC173
« donc c'est une proposition que l'on peut faire » RC-HC174
```

Quels éléments dans cette mimesis fictionnelle répondent à notre hypothèse de la manipulation des virtualités ?

RC mime avec ses mains un mouvement déplacement qui « modélise », par le geste, ce qu'il est en train d'expliquer. Il ajoute à ce mime, une forme d'analogie avec une « sorte de géant » censé représenté la force qui écrase les roches avec un déplacement W—E, à l'origine des linéations visibles dans les schistes. Il conclura cette analogie par :

```
« en gros tous ces alignements vont vers l'ouest » RC-HC177
« il vient de l'est » RC-HC178
« donc je ne sais pas si l'espèce de molosse est arrivé » RC-HC179
« qui a écrasé tout ça » RC-HC180
```

En procédant de la sorte, le médiateur souhaite semble-t-il éviter d'avoir à préciser les contraintes tectoniques difficile à appréhender. Il remplace en quelque sorte par une fiction « animisée » qui ne laisse pas de place au doute quant à sa virtualité poussée jusqu'à l'irréalité. Le médiateur joue donc avec une marionnette virtuelle qui lui permet de mimer le déplacement des terrains et de faire imaginer ce déplacement à son public.

Cependant, comme nous l'avons déjà esquissé plus haut, une telle façon de mobiliser la fiction, en engageant la feintise ludique à un tel point d'irréalité, tend à lui faire perdre son rôle de « *faire comme si...* ». La feintise est atténuée par le fait qu'elle n'est plus véritablement « feinte » : elle est délibérément engagée pour faire croire. Nous pensons dès lors qu'elle est, à ce niveau, au maximum de ses possibilités quant à la mise en œuvre des virtualités géologiques.

Afin de conclure sur cette manipulation du virtuel par la mimesis fictionnelle, nous pouvons préciser que les médiateurs que nous avons analysés ont recours à des « virtuels » géologiques qu'ils manipulent comme des « marionnettes ». Cela signifie que ces objets-géologiques/marionnettes sont totalement dépendant du médiateur. C'est lui qui en contrôle le devenir. Ce contrôle permet au médiateur de « garder la main » sur la similarité relative entre les mondes qu'il met en œuvre. Il prend alors le statut de narrateur omniscient vis-à-vis de sa narration : il a tout pouvoir sur ses objets. Cependant, ce pouvoir n'est qu'apparent, car le médiateur se cantonne à un

référent modélisé pour produire son histoire. Dans le cas de TG, il est enfermé dans une histoire de tectonique globale (à l'échelle de la planète Terre), dans le cas de RC, il est contenu dans l'anecdotique qui lui permet d'éviter certaines explications géologiques.

La mimesis fictionnelle telle que nous avons pu la mettre en évidence dans les situations de médiation géologique de terrain que nous avons étudiées confirme notre hypothèse selon laquelle elle représente un outil efficace pour engager des virtualités géologiques habituellement difficiles d'accès. La mise en scène de ces virtualités apporte un gain cognitif dans la mesure où le virtuel y est exploré dans sa causalité, son origine, plutôt que dans son existence en tant qu'objet ou phénomène géologique « réifié », qui peut être difficile à cerner. D'autre part, en procédant à des représentations simplifiées des virtualités géologiques, le médiateur évite de surcharger l'imaginaire de son public avec des concepts complexes. Enfin, grâce à de telles simplifications, le médiateur se donne la possibilité de manipuler ces objets virtuels et il invite de ce fait ses spectateurs à en faire autant avec leur propre imagination. Mais le médiateur garde le contrôle sur ces objets et phénomènes : en tant narrateur omniscient, il manipule les objets et phénomènes librement, mais au sein d'un cadre théorique qu'il s'est fixé (le cadre théorique de la tectonique des plaques, très implicite dans la situation Dibona-TG ; explicité longuement en introduction dans la situation Fournel-RC).

Conclusion : la combinaisons des mimèmes dans le récit re-compose l'histoire géologique

En conclusion générale de cette partie sur l'immersion fictionnelle et la feintise ludique partagée, nous portons notre attention sur trois points essentiels.

Tout d'abord, l'immersion fictionnelle permet d'engager, par la fiction, un voyage dans un récit déjà-écrit. L'effet d'immersion semble important mais il donne peu d'éléments quant aux modalités de construction du récit géologique. Sa dimension apodictique (un récit construit sur des raisons d'exister des événements, mises en œuvre au travers de nécessités historico-fonctionnalistes) est donc peu élaborée, et pousse donc à croire en une histoire figée et pré-déterminée par des phénomènes géologiques prédictifs. D'autre part, la ré-instanciation des événements géologiques (que nous assimilons à une *ré-actualisation* en reprenant les termes de Granger (1995b)) permet au médiateur de faire re-jouer les événements dans l'objectif de les faire imaginer par les spectateurs.

Ensuite, les formes de modélisation utilisées par le médiateur grâce à la fiction semble lui donner accès aux seules variables pertinentes dans les phénomènes géologiques. Ainsi, en montrant explicitement dans sa fiction, qu'il mobilise un monde partiellement similaire à l'actuel, il en contrôle les variables et maitrise donc

(en partie) les contraintes et nécessités. Ces dernières restent cependant toujours cantonnés dans le champ du fonctionnalisme. De ce point de vue, la fiction ne parait pas facile à mettre en œuvre dans le cadre d'une immersion dans les temps géologique. .

Enfin, la feintise ludique partagée permet aux médiateurs d'explorer le non-actuel. Ce qui n'est pas présent sous les yeux représente pour l'amateur de géologie un univers de virtualités complexes que le médiateur peut mettre en scène dans trois objectifs différents. La fictionnalisation, en se détachant du réel de sens commun et en stimulant l'imaginaire permet d'« épurer » les phénomènes afin de se focaliser sur les contraintes et nécessités qui permettent de les construire comme « géologiques ». Ce gain cognitif, qui est produit par diverses formes de modélisation, s'accompagne également d'une simplification des représentations par la virtualité. Ainsi, en ramenant les phénomènes et/ou les événements géologiques à de très simples anecdotes virtuelles, le médiateur simplifie le concepts engagés, et limite le vocabulaire scientifique. Enfin, la manipulation des objets virtuels mis en œuvre par le médiateur au travers de ses diverses fictions fait de lui un narrateur tout-puissant qui agit à sa guise sur ses objets et phénomènes géologiques. Mais l'univers dans lequel évoluent de tels objets géologiques est lui-même contraint par un récit cadre géologique : le modèle de la tectonique des plaques. Nous posons d'ailleurs là le problème d'une référence systématique à un modèle qui est profondément fonctionnaliste, qui permet de construire des histoires géologiques, mais qui sont non-contingentes.

Pour terminer cette conclusion, nous souhaitons insister sur cette dimension « manipulatoire » de la fiction. En effet les *mimèmes* produits dans une « fiction géologique » représentent selon nous les diverses virtualités engagées dans la reconstitution de l'histoire géologique. Par combinaison de ces mimèmes, le médiateur doit pouvoir organiser les événements géologiques (des virtualités géologiques insérées dans une temporalité et construites sur des nécessités) de telle manière qu'ils sont cohérents entre eux et avec le cadre théorique de référence. Ces combinaisons de mimèmes sont donc à même de produire une histoire géologique rationnelle : elles mettent en place une histoire géologique dont les indices de terrain représentent le fictif (Cadoz, 1994). Cette inversion de la relation causale entre l'actualité et la virtualité des événements traduit selon nous ce que nous avions posé en cadre théorique : une prescription du virtuel à destination de l'actuel. Le virtuel joue donc indéniablement un rôle central dans les reconstitutions historique et notamment en géologie où les processus sont souvent difficiles d'accès.

CONCLUSION

En conclusion de cette partie, nous voulons appuyer notre propos sur le rôle de la fiction dans la construction des possibles. Nous avons organisé notre analyse autour de trois perspectives : l'immersion fictionnelle, le contrôle de la similarité relative et la mise en œuvre de la mimesis fictionnelle dans l'exploration du non-actuel. Plusieurs idées fortes ressortent de cette analyse.

Tout d'abord, l'immersion fictionnelle, dans la mesure où elle met en place un univers de virtualités, semble donner accès à certaines formes de non-actuel, qui sont particulièrement difficiles d'accès en géologie. Par ré-instanciation, la fiction permet de « *re-jouer* » le passé au travers de représentations qui mobilisent l'imaginaire. Mais nous avons montré que de telles représentations constituent également un obstacle important du fait qu'elles sont peu « contrôlables ». D'autre part, l'exploration grâce à l'immersion fictionnelle, d'un « déjà-écrit, » suppose que l'histoire pré-existe à son énonciation.Il existe là aussi un obstacle important à la reconstitution de l'histoire géologique. Envisager le non-actuel par la seule immersion fictionnelle ne parait donc pas suffisant .

Ensuite, la mise en œuvre des mondes possibles au sein de l'activité fictionnelle impose d'en contrôler la similarité relative. Les diverses analogies qui sont produites par les médiateurs montrent que l'accès à ces modélisations fictionnelles n'est apparemment pas une difficulté pour envisager le non-actuel. Les médiateurs usent en effet de simulations fictionnelles fortement contrôlées : un nombre limité de variables sont prises en charge dans les analogies, ce qui permet au médiateur d'en contrôler la « manipulation ».

Enfin, par la mimesis fictionnelle qui explore le non-actuel, les médiateurs construisent les indices de terrain dans l'espace et dans le temps. En « mimant » le non-actuel, elle permet au médiateur de décrire un univers de virtualités qui entre en cohérence avec le registre empirique. En simplifiant les représentations du réel, la mimesis fictionnelle concentre le discours sur une dimension essentielle de l'explication et évite de le surcharger avec des concepts complexes. La mimesis fictionnelle permet enfin de manipuler le non-actuel : c'est au travers de divers schémas, ou avec une gestuelle de mains, que le médiateur aborde certains aspects du non-actuel. Mieux qu'une image figée, la mimesis engage des représentations « animées » du réel et donne ainsi accès à des formes pourtant peu accessibles de virtualités.

CONCLUSION GÉNÉRALE

« Rien ne contraint quelque chose à arriver du fait qu'autre chose soit arrivé. Il n'est de nécessité que logique. »

(Ludwig Wittgenstein)

Les situations que nous avons étudiées relèvent d'une forme de médiation scientifique dans le contexte particulier de la géologie de terrain. De ce point de vue, celles que nous avons retenues pour notre étude apparaissent comme caractéristiques. Nous pensons pouvoir en dégager quelques invariants. Mais avant cela, il nous parait important de re-préciser ce que nous avons désigné par « *situation de médiation de la géologie de terrain* » : un médiateur conduit un groupe d'amateurs pour faire de la géologie « sur le terrain ». Nous voyons dans une telle définition trois éléments fondamentaux, autour desquels nous avons construit nos questionnements : des *objets géologiques* dans leur environnement naturel, des *publics-participants* non-spécialistes, et un *médiateur* qui les mets en lien par un discours de médiation. Quelles dimensions de ces situations ont suscité notre attention ?

Tout d'abord le *discours* du médiateur en tant que « *média* » pour porter la communication scientifique qui est en jeu. Ensuite, la *géologie* qui détermine le champ d'études disciplinaire auquel se réfèrent les objets de savoir. Enfin, le *terrain*, qui constitue un espace géologique particulier de mise en œuvre d'une médiation. Ce triptyque explique que nous ayons choisi pour titre de nos recherches « *Médiation de la géologie de terrain* ».

Nous dressons donc ici une synthèse de ce travail de recherche pour en dégager les points essentiels. Dans un premier temps, nous résumons les axes principaux de notre cadre théorique. Cela nous conduira à réexaminer les questionnements clefs de notre problématique. Ensuite nous revenons sur les éléments les plus singuliers de notre méthodologie, en particulier ceux qui nous ont permis d'utiliser des « *indicateurs de mise en récit* » dans le discours de médiation de la géologie. Dans la partie suivante, nous discutons les diverses conclusions formulées à l'issue de cette thèse et nous prenons un premier recul critique sur leur cadre d'application. Nous envisageons, à partir de ces éléments de discussion, les apports que de telles analyses peuvent constituer pour les recherches en didactiques, l'éducation et la médiation des sciences. Enfin, nous envisageons les limites d'un tel travail en revenant sur les points clefs de la mise en œuvre de ces recherches.

Trois cadres pour une problématique

Les travaux que nous avons engagés présentent une certaine originalité à plusieurs points de vue. Tout d'abord, nos questionnements portent sur des situations peu explorées dans les recherches en didactique. Ils associent des cadres théoriques qui sont peu souvent mis en relation. D'autre part, ils articulent des analyses didactiques, dans un cadre de réflexion volontairement très épistémologique, qui portent sur des situations qui relèvent principalement de la médiation des sciences. Enfin, ils donnent une place aux fonctions du récit et de la fiction dans la médiation des sciences en engageant des questionnements dans un dimension nouvelle de la didactique des sciences.

Notre problématique s'est ainsi construite autour d'un triple cadre théorique : épistémologique, didactique et médiatique. Il nous ont permis de questionner la *narration* dans les situations de *médiation* de la *géologie* de *terrain* :

Un cadre épistémologique : Ce cadre, dans la mesure où il renvoie à la construction des savoirs de la géologie, s'articule autour de trois questionnements épistémologiques majeurs.

- ≻ La question du *réel* dans la géologie.
- ≻ La question du *temps*.
- ≻ La question de l'approche dualiste des concepts de la géologie, *entre loi et histoire*.

Ces trois axes de questionnement ont ensuite été précisés dans une perspective davantage didactique afin de comprendre les enjeux liés aux savoirs géologiques quand ils sont « *partagés* » en situation de géologie de terrain.

Un cadre didactique : Ce cadre, qui se construit sur un ancrage fort dans l'épistémologie des sciences, participe aux questionnements sur les choix et le traitement médiatique des savoirs géologiques dans les situations très particulières que représentent les sorties de terrain. Il s'agit en effet de montrer ici les enjeux *d'apprentissage* de ces savoirs géologiques dans le contexte particulier des activités « *sur le terrain* ». Ce cadre didactique est présenté selon trois hypothèses de travail :

- ≻ La description des objets du réel de terrain nécessite la mise en place d'un registre empirique partagé au travers d'une problématisation du réel qui mobilise *l'actualisme*. Celui-ci, en tant que principe méthodologique des sciences de la Terre, permet d'explorer les causes passées, à l'origine des objets géologiques actuels.
- ≻ La construction des temps géologiques est directement liée au besoin de produire une histoire de ces objets géologiques de terrain.
- ≻ La construction d'un principe méthodologique qui renvoie à la démarche historique permet la construction d'une histoire rationnelle de ces objets géologiques.

Un cadre médiatique : ce cadre suppose que la géologie de terrain soit mise en œuvre par l'intermédiaire d'un *« média »*, le *discours*, qui s'articule autour de deux hypothèses de travail :

- ≻ La médiation mobilise le *récit* comme un mode de socio-diffusion des sciences privilégié des intervenants en situation de produire un discours « *sur le terrain* ».
- ≻ Le recours à la narration ne répond pas seulement à des enjeux épistémologiques et didactiques de la géologie de terrain, mais également à des enjeux médiatiques. Cela signifie que le recours au récit est lié

à la fois à des enjeux de construction des savoirs géologiques dans le champ de la recherche, mais aussi à des enjeux de « *narration de la science* » dans celui de la médiation.

Notre objectif, dans la mise en place de ces hypothèses de travail, était donc de montrer que le *récit*, dans ces situations très spécifiques de médiation de terrain, peut amener à la construction des savoirs géologiques, et ce dans leur rapport particulier au *réel* et au *temps*. Nous avons considéré que le récit constitue une interface, non pas seulement nécessaire mais indispensable entre un « soi-disant » *réel-concret*, à partir duquel les pensées empiriste et positiviste ont tendance à trop facilement se développer, et un univers d'*abstractions*, que nous désignons par « *virtualités* » et qui sont caractéristiques des sciences. Pour le dire simplement, l'enjeu majeur de nos recherches consiste à montrer que le récit joue un rôle central dans la mobilisation d'un « *virtuel de terrain* ».

Cadre épistémologique de la géologie de terrain : réel, temps, loi et histoire

Il s'agissait donc en premier lieu pour nous de circonscrire le champ épistémologique couvert par la mise en œuvre des savoirs géologiques dans le contexte particulier de « *l'étude de terrain* ». Ce terrain était pour nous une *forme* de réel qu'il fallait questionner et surtout extraire de son acception de sens commun, dans laquelle il n'existe que dans sa *matérialité* (nous pourrions même dire sa « *concrétude* »). Nous avons également été amenés à préciser de quelle manière ce réel s'inscrit dans la *temporalité*, et donc dans *l'histoire*, qui joue un rôle de premier ordre en géologie. Enfin, ces apports théoriques nous ont permis de comprendre en quoi la géologie se construit à la fois dans un *cadre légal* (un ensemble de règles ou de « lois » qui permettent de penser le « *fonctionnement* » des objets géologiques — ce que nous avons également défini par *cadre fonctionnaliste*) et dans un *cadre historique*, fondé sur la *contingence* des événements.

En premier lieu, nous avons dû définir les rapports que la géologie, en tant que science empirique, a avec le *réel*. Les travaux de Granger (1995b,a, 1999, 2007) ; Vuillemin (1984) nous ont permis de confronter les concepts d'*actuel* et de *non-actuel* dans le cas de la géologie. Ainsi, nous avons pu préciser les formes que prend le réel, au travers d'une approche ontologique et épistémologique des objets géologiques, qui mobilisent les concepts de *virtuel*, de *possible* et de *probable*. Aussi nos questionnements se sont-ils développés non seulement autour de l'*existence spatio-temporelle des objets géologiques* mais aussi autour des connaissances sur ces objets géologiques que l'on construit dans le but d'en *retracer une histoire géologique*.

Cela nous a conduit donc en second lieu à nous questionner sur les rapports au *temps* de la géologie. La perception du temps se pose comme un obstacle majeur

dans la construction des savoirs géologiques. Nous avons ainsi désigné l'*instant* comme unité de perception du temps et considéré, en suivant Bachelard (1931, 1963) sur ce point, que la *durée* est une construction de la pensée. La conscience du temps repose donc sur notre capacité à construire la durée à partir des occurrences se construisant comme réelles. Les différentes formes de temps ne sont que des variations de nos représentations du temps par l'intermédiaire du mouvement (le déplacement de l'aiguille d'une montre, ou le mouvement relatif du soleil dans le ciel par exemple). Le temps scientifique prend également des formes variées ; mais c'est surtout en tant que variable irréversible qu'il est utilisé. Ainsi, si les phénomènes peuvent être pensés comme cycliques dans leur production dans l'actuel, alors le temps qui y est associé est considéré comme cyclique. Mais l'histoire se construit quant à elle dans les temps linéaires. Il existe donc une tension importante entre phénomènes et événements, qui dans le cas de la géologie comme dans toutes les sciences historiques, se caractérise par la confrontation d'un cadre légal (pôle *fonctionnaliste*) et d'une histoire (Gayon, 1993)(pôle *historique*).

Cette tension entre loi et histoire prend la forme d'une opposition méthodologique entre une approche *fonctionnaliste*, qui se préoccupe du déterminisme des phénomènes dans un cadre qui évacue très souvent le temps, et une approche *historique*, fondée sur la nécessaire temporalité des événements contingents. Nous avons montré que ces deux approches ne s'opposent en fait que dans leur dimension méthodologique, notamment dans l'utilisation qu'elles font du temps. Elles s'articulent en fait de façon indispensable afin de donner une existence aux événements. Chaque événement se construit non seulement selon une phénoménologie (description du phénomène à l'origine des traces perceptibles dans le « *réel sensible* ») mais également selon une insertion de ce phénomène dans un cadre spatio-temporel qui le construit comme une occurrence unique : il représente dès lors un *événement* au sens où il est singulier, contingent et qu'une fois produit, il ne peut se produire de nouveau. La géologie construit donc ses objets d'étude au travers d'un fonctionnalisme qui permet de penser les objets du réel comme ayant une origine, et au travers d'un « *historicisme* » qui positionne cette origine dans le temps et l'espace.

C'est par le travail de terrain que les géologues ont la possibilité de reconstituer l'histoire des objets géologiques car sur le terrain, ils se confrontent à une organisation spatiale de ces objets géologiques qui les conduisent à en reconstituer l'organisation temporelle. Cette organisation temporelle prend sens au sein d'une *histoire*. Cette histoire, que le sens commun considère comme une simple « *succession d'événements* », prend spontanément des allures de narration. Les géologues eux-mêmes recourent à des narrations impliquant leurs objets géologiques. Mais nous avons montré que ces « *narrations scientifiques* » relèvent d'une *démarche historique* exigeante et ne se réduisent pas à la simple juxtaposition d'événements. Parmi les modes de raisonnement que mobilise la démarche historique, nous avons

focalisé notre attention sur ceux qui utilisent le *« principe d'antériorité »* qui, au sein de ces narrations, suppose que soit mise en œuvre une *rétrodiction* (une lecture à rebours de l'histoire) à la recherche des *conditions de possibilité des événements*. Les événements géologiques se construisent dès lors comme *nécessaires* les uns par rapport aux autres : l'événement E n'est possible que si l'événement D s'est produit auparavant. Cette relation de nécessité, qui ne relève pas de la logique fonctionnaliste et qui est dépendante du principe d'antériorité, constitue les fondations d'une *rationalité historique* que nous avons posée comme hypothèse centrale de nos recherches.

Cadre didactique : la construction de l'*actuel* et des temps géologiques le long de la démarche historique

Le cadre didactique que nous avons mis en place s'articule autour de trois axes : (a) construire l'actuel pour construire le réel de terrain ; (b) construire les temps géologiques et (c) suivre une démarche historique. Nous les envisageons ici dans la perspective de la construction d'*explications historiques* par le médiateur. Il s'agit en effet pour lui de « *se faire comprendre* » en transposant les savoirs spécifiques de la géologie de terrain, et en articulant *actuel* et *temps* le long d'une *démarche historique*.

Les enjeux de compréhension qui portent sur le réel de terrain supposent de construire un *actuel de terrain* par le recours à une activité descriptive qui ne peut se résumer à la verbalisation de ce qui est observé. La description, qui engage une forme de « *partage de l'observation* » entre le médiateur et son public, doit notamment se mettre en place dans le cadre d'une problématisation qui questionne l'actuel. En confrontant *actuel* et *non-actuel*, le réel prend forme dans le cadre explicatif convoqué à l'occasion. Hors de ce cadre, ce ne sont pas des objets géologiques qui sont construits mais des objets « premiers », encombrés de leurs caractéristiques de sens commun. Problématiser suppose de mettre en tension faits et idées : il s'agit de confronter dès lors *l'empirie* (ce qui est désigné dans nos situations par « *actuel* ») avec un ensemble de virtualités (le *non-actuel*) qui doit rompre avec le sens commun. Cette activité de problématisation met en œuvre des phénomènes le long d'une approche que nous avons définie dans notre cadre épistémologique comme fonctionnaliste. Les phénomènes mobilisés constituent donc une étape fonctionnaliste indispensable dans la reconstitution historique. Mais elle ne saurait s'y limiter. Il est en effet fondamental que ces phénomènes soient insérés dans une temporalité, dans l'objectif d'en faire des singularités événementielles dans le temps et dans l'espace : ils doivent être construits comme des « *événements* ». L'actualisme de temps longs joue dans ce cas un rôle transitoire de première importance, entre le fonctionnalisme associé à l'actualisme d'analogie et la reconstitution historique.

L'enjeu didactique devient ainsi pour le médiateur, dans une situation de terrain,

non pas seulement de « *faire comprendre* » comment de tels objets géologiques ont été mis en place, mais plutôt de *reconstituer leur histoire*, c'est-à-dire de les positionner dans le temps et l'espace. Nous avons dit que cette reconstitution se mettait en place par l'intermédiaire d'une *narration* qui mobilise les temps linéaires. Mais une telle prise en compte des temps linéaires n'est pas sans conséquences sur les savoirs géologiques engagés. Nous avons ainsi analysé les divers obstacles à la perception du temps, et plus précisément celle des temps longs géologiques. Nous avons montré la nécessité de construire la *durée* au sein de l'histoire reconstituée et de ce fait insisté sur les modalités de mise en œuvre de l'« *intra-temporalité* » dans la construction historique. Nous avons ainsi pu préciser en quoi les reconstitutions historiques tendent vers l'« *historialité* », forme apparente de l'histoire mais qui ne répond pas aux exigences de rationalité historique que nous avons définies.

La démarche historique s'impose donc comme seule capable de produire une « *explication historique* ». Elle est mobilisée, dans le cadre de problèmes historiques, dès lors que l'actualisme parvient à ses limites. Cependant, elle doit faire en sorte de ne pas tomber dans ce que nous avons désigné par « *le piège du modèle historisé* » qui correspond à un modèle fonctionnaliste qui embarque des temps longs constructeurs de phénomènes. Au contraire, la démarche historique se doit de mettre en œuvre une *rétrodiction* qui part à la recherche des antériorités nécessaires entre les événements. Cette recherche de l'antériorité est alors à même de constituer une rationalité historique à la reconstitution des événements, qui ne sont pas seulement juxtaposés mais en quelque sorte « configurés ». La confrontation aux problèmes historiques qui sont mis en jeu dans les situations de terrain suppose donc de prendre un peu de champ avec l'approche fonctionnaliste et de s'engager plus activement dans la démarche historique, au travers d'une configuration des événements insérés dans une intra-temporalité exigeante. Si de telles reconstitutions historiques nécessitent l'usage, comme nous le dit Gould (1989), de la narration, il s'agit donc pour nous de voir comment, par la mise en récit, la démarche historique peut être prise en charge. Cette mise en récit répondrait ainsi, non seulement aux contraintes imposées par le cadre épistémologique des savoirs géologiques, mais également aux contraintes liées à leur socio-diffusion dans les situations particulières de terrain que nous avons étudiées. Nous avons dû dès lors nous préoccuper du cadre médiatique de mise en œuvre de ces récits « *sur le terrain* ».

Cadre médiatique : le récit, de la rupture à la continuité

Le cadre médiatique que nous avons mis en place dans nos recherches s'est construit autour de trois hypothèses de travail essentielles, qui ont permis de pousser plus avant nos questionnements.

Tout d'abord, le discours produit par celui que nous avons désigné par « *médiateur* » est caractérisé par sa nature *hybride*, notamment parce qu'il doit répondre à

de nombreuses contraintes en même temps. Ainsi, il « *oscille* » entre trois pôles discursifs, définis par Charaudeau (2008) : discours scientifique, discours didactique, discours médiatique. Au-delà de cette triple polarisation, nous avons considéré, en suivant de nouveau Charaudeau (2008), que le discours de médiation se caractérise avant tout par son recours systématique à la *narration*, ce qui le différencierait des autres discours. Mais de ce point de vue, nous avons fait le choix du cadre « *continuiste* » de Jacobi (1984a, 1986, 1987b) ; Jacobi et Schiele (1988) ; Jacobi *et al.* (1990) ; Jacobi (1999) pour considérer que ce recours au récit ne saurait être limité à la seule pratique de la vulgarisation scientifique. Nous estimons en effet que le recours au récit est beaucoup plus général et répandu dans toutes les formes de discours (Bruner, 2002) (y compris le discours scientifique) et qu'il peut même être considéré comme universel à de nombreux points de vue (Barthes, 1966). Ce premier point nous a permis de poser comme hypothèse que le récit répond aux contraintes médiatiques posées par les situations de terrain.

Nous avons ensuite restreint notre cadre médiatique autour des fonctions heuristiques du récit. Cela nous a conduit dans un second temps à définir rigoureusement le récit, dans l'objectif de mettre en place des indicateurs pertinents en partie méthodologique. Le récit ne joue pas seulement un rôle dans la socio-diffusion de la science : il possède également des fonctions heuristiques fortes, que diverses recherches, notamment en didactique des sciences, ont mis en évidence au travers de trois finalités : *problématiser*, *expliquer*, *se représenter* le monde (Triquet et Bruguière, 2014 ; Bruguière et Triquet, 2012 ; Triquet, 2012 ; Lhoste *et al.*, 2011). Mais le recours au récit serait particulièrement pertinent pour ce que nous avons désigné par « *narration du temps* ». Mettre en récit reviendrait en effet à construire la temporalité des événements. Ce ne serait donc pas la conjonction des événements qui donnerait naissance au récit mais bien l'inverse : le récit construit les événements en les organisant au sein d'une temporalité. C'est là une hypothèse importante que nous avons formulée, qui répond au besoin, dans les situations de terrain que nous avons étudiées, de construire la *rationalité* (que nous rattachons au *cohérentisme* de (Lecointre, 2009a,b)) que suppose la reconstitution d'une histoire géologique.

Deux auteurs, Bruner et Ricœur, nous ont guidé dans notre recherche d'une définition « *opératoire* » du récit. Il s'agissait en effet pour nous de détecter le récit dans toutes ses formes, même les plus discrètes, dans le discours du médiateur. Pour cela, nous avons tout d'abord défini le récit comme la mise en œuvre d'une « *rupture dans le cours des choses* » (Bruner, 2002). Le récit serait en effet selon Bruner une façon qu'a l'humanité de traduire « *ce qui change* » dans notre monde. Il serait donc bien à même de répondre à la nécessité de reconstituer une histoire des objets géologiques dans un monde en évolution permanente, dans le cadre d'une pensée évolutionniste. Nous avons également pris appui sur la définition du récit telle qu'elle est donnée par Ricœur (1983, 1984, 1985) autour de la *triple*

mimesis dans l'objectif de montrer le rôle de la mise en intrigue dans le processus de problématisation potentiellement à l'œuvre dans le discours de médiation. Cela nous a permis de cerner le récit à la fois de par ses *structures* (un *début*, un *milieu*, une *fin* par exemple) et de par ses *fonctions* (mise en place d'une *causalité narrative* par exemple). La confrontation avec d'autres approches structuralistes du récit (Propp (1965) ; Barthes (1966) ; Brémond (1966, 1973) ; Greimas (1983) mais également Adam et Revaz (1996) ; Reuter (2011)) nous ont permis de définir le récit autour de systèmes de combinaisons (ex : les récits emboités que nous avons longuement analysés) mais surtout autour d'une organisation centrée sur *l'« action »*. Nous avons ainsi émis l'hypothèse que le récit fournit à la médiation scientifique de terrain un ensemble de modalités *« mimétiques »* qui engagent une *action* qui *rompt* avec le cours normal du temps. Une telle hypothèse répond selon nous à la double contrainte « *didactico-médiatique* » que nous avons mis en évidence dans nos situations de médiation de terrain : « *expliquer* » et « *captiver* ».

Dans un dernier point de ce « cadre médiatique », nous avons précisé les éléments théoriques qui nous permettent d'analyser la mise en œuvre de la fiction dans les récits de médiation de terrain. Nous nous sommes pour cela appuyés sur l'approche de Schaeffer (1999, 2005) afin de définir la fiction, non pas seulement dans un carcan narratif, mais dans une acception plus générale, qui la fait « *surplomber* » le récit plutôt que d'en être un simple outil de mise en récit. Nous avons porté surtout notre attention sur les processus qui étaient susceptibles de produire des « *virtualités de terrain* » grâce à la *mimesis fictionnel.* Cela nous a conduit à analyser les modalités de mise en œuvre d'une *feintise ludique partagée*, considérée comme le cœur de l'activité fictionnelle dans de nombreuses situations de médiation. Enfin, nos questionnements sur la fiction nous ont amené à réfléchir à la construction des *mondes possibles* (Lewis, 1978, 2007) et à la place que prend la *contrefactualité* dans les reconstitutions historiques. Nous avons en effet considéré que la construction des temps longs géologiques relève de la *contrefactualité* dans la mesure où, quand ils sont produits dans le récit, ces temps longs sont en contradiction avec ce que le réel donne à « *percevoir* » du temps. Le récit serait donc le processus qui, grâce à la fiction, produit du « *contrefactuel* » et engage dès lors une problématisation du réel de terrain.

Une problématique singulière

La mise en place d'un tel cadre théorique a permis la formulation d'une problématique reposant sur un triple questionnement, centré sur : (a) la construction d'un registre empirique partagé ; (b) la mise en œuvre d'une causalité narrative évoluée ; (c) l'exploration des possibles et des impossibles explicatifs par la fiction.

La *construction d'un registre empirique partagé* est une étape fondamentale de confrontation au réel de terrain. Elle prend dans nos situations une forme parti-

culière du fait que la médiation s'y met en place dans un *cadre naturel* qui n'est pas neutre. Ce registre empirique se construit en appui sur une phénoménologie d'affinité fonctionnaliste, qui mobilise l'actualisme, conduisant à préciser ce que sont les *objets géologiques* rencontrés sur le terrain. L'enjeu est de faire de ces objets géologiques des *indices de terrain* : les *traces* rencontrées sur le terrain prennent sens au sein de ce cadre fonctionnaliste et deviennent des indices de *phénomènes géologiques* passés. Pour le dire autrement, il y a mobilisation d'un ensemble de *virtualités*, correspondant au *cadre explicatif fonctionnaliste de l'actualisme*. De telles virtualités représentent ce que nous avons désigné comme le « *non-actuel* ». Celui-ci doit être pris en charge dans la médiation de terrain afin de construire un « *actuel géologique* ». Nous avons dit que la mise en récit était susceptible de jouer un rôle de premier ordre dans cette prise en charge du « *non-actuel* » en confrontant faits et idées, participant ainsi à la construction de problème. Mais en mettant en œuvre l'actualisme dans de telles problématisations, la médiation construit des explications qui tendent à s'enfermer dans un fonctionnalisme excessif. Il s'agit donc pour le médiateur d'engager les indices de terrain dans une *temporalité*, au travers d'une construction des événements géologiques. Une telle construction passe par la mise en récit des phénomènes géologiques : l'insertion dans l'espace et le temps de ces phénomènes géologiques (ce que nous avons défini par « *intra-temporalité* ») constitue selon nous la première étape de la construction des événements d'une histoire géologique rationnelle. En cherchant à construire une *historicité*, le médiateur est ainsi amené à produire une temporalité au sein d'une histoire géologique qui ne se résume pas à des explications fondées sur les processus physico-chimiques en jeu dans les phénomènes géologiques. Cependant cette temporalité ne se réduit pas une construction chronologique qui mettrait les événements *bout-à-bout* : elle engage une *causalité*, différente de la causalité logique habituellement utilisée dans les raisonnements fonctionnalistes, et que nous avons définie par « *causalité narrative* » du fait de la relation particulière qu'elle développe avec le récit. Nous avons traité cette dimension dans une partie spécifique.

L'analyse de la *mise en œuvre d'une causalité narrative évoluée* dans le discours des médiateurs de terrain représente un point central de nos recherches. Nous avons envisagé de rechercher les modalités par lesquelles le médiateur avait recours au récit et surtout comment ce récit mobilisait des formes de causalité. Comment, par le récit, le médiateur parvient-il à engager une causalité qui ne soit pas simplement de nature fonctionnaliste (et fondée principalement sur le raisonnement hypothético-déductif) et qui permet de construire des événements plutôt que des phénomènes ? De telles mises en récit supposent le recours au *principe d'antériorité* qui organise l'articulation des *nécessités* et des *contingences* des événements géologiques. En procédant ainsi, le médiateur rend possible une configuration des événements et du temps, susceptibles de produire des temps géologiques linéaires émergents,

enjeu majeur des situations de terrain. Mais une telle recherche des « *événements conditions de possibilité* » impose que soit mise en œuvre une exploration des possibles et des impossibles explicatifs pour en quelques sorte « *repousser les limites de l'actuel* », c'est-à-dire chercher au-delà de la « *concrétude apparente du réel* ». Nous avons dit qu'une telle recherche passe par une exploration des possibles mettant en jeu la *fiction.*

L'*exploration des possibles par la fiction* permet selon nous d'aller à la recherche de possibles explicatifs, qui répondent à la fois à la contrainte de reconstitution d'une histoire géologique et au besoin de mobiliser le « *non-actuel* ». Le récit serait ainsi le mode de mise en œuvre de la fiction, qui, par *mimesis fictionnelle* donnerait accès à un univers de virtualités rendues intelligibles pour le simple amateur de géologie. Ainsi, en mimant le réel, la médiation irait au-delà de l'actuel : en manipulant les virtualités de terrain et en ouvrant à un univers de savoirs géologiques très fortement contextualisés, elle construirait des événements accomplis et singuliers, et justifierait de se déplacer « *sur le terrain* » et de se confronter au réel. Nous avons également émis l'hypothèse que la *feintise ludique partagée* qu'organise la fiction au sein de la mise en récit conduit le médiateur à « *faire croire* » à son public un certain nombre d'événements géologiques imaginés, épurés et manipulés dans l'objectif d'en comprendre l'histoire. La fiction est donc selon nous bien plus qu'une simple mobilisation de l'imaginaire. Elle permet ainsi d'entrer dans l'univers du « *non-actuel* » que représentent les savoirs géologiques.

Compte tenu de ces éléments de notre problématique, nous avons mis en place un cadre méthodologique, construit autour de ces trois axes de questionnement. L'objectif était pour nous de montrer la place spécifique que prennent le récit et la fiction dans la médiation de la géologie de terrain. Le récit permet selon nous de mobiliser un ensemble de *virtualités de terrain* nécessaires à la construction du réel géologique. En permettant d'explorer le *non-actuel*, il ouvrirait à un cadre théorique qui « *ne va pas de soi* » pour le simple amateur de géologie. En organisant la temporalité des événements, le récit permettrait également de produire l'« *historialité* » de l'histoire géologique. Mais c'est la *causalité narrative,* mise en œuvre dans le récit qui serait le moyen d'accéder à une *historicité* de la reconstitution historique rationnelle par mise en œuvre du principe d'antériorité à la recherche des conditions de possibilité des événements. Enfin, l'exploration des possibles par la fiction, serait un moyen d'engager l'imagination dans les reconstitutions historiques, notamment par construction de « *contrefactualités* ».

Une méthodologie originale pour appréhender les traces du récit dans le discours des médiateurs

Notre étude de cas a porté sur l'analyse du discours de deux médiateurs, dans deux situations différentes. A aucun moment notre objectif n'a été de procéder à une comparaison de ces deux situations, même si en conclusion nous avons pu évoquer quelques points communs. Nous avons plutôt recherché à mettre en évidence des « *invariants* » dans l'ensemble de leur discours, qui seraient représentatifs des situations de médiation géologique sur le terrain et ouvriraient à des recherches ultérieures plus affinées.

Le cadre géologique général de ces deux situations est celui de la surrection des Alpes dans son cadre tectonique global. Nous avons présenté, dans une partie spécifique placée en annexe, le cadre général de la tectonique des plaques au sein duquel s'insèrent les deux contextes géologiques que nous avons étudiés. Chacune des deux situations représentent ainsi un épisode de la tectonique alpine, qui peut être reconstitué au travers d'une histoire géologique s'appuyant sur l'exploration de terrain et se construisant au sein d'une théorie-cadre : la théorie de la tectonique des plaques.

Les situations que nous avons étudiées se mettent en place autour d'une *médiation scientifique de terrain* : un médiateur produit un discours « *in situ* » à destination d'un public amateur de géologie. Les personnes qui sont présentes sont là dans le cadre de leurs loisirs : elles constituent donc un public défini comme « *non-captif* », intéressé par le contenu scientifique (géologique) du discours. Ces situations entrent typiquement dans le cadre des situations d'« *éducation non-formelle* » (Jacobi *et al.*, 1990) qui rassemblent des enjeux de connaissances scientifiques dans un contexte de loisir.

Nous avons fait un choix de deux situations parmi un total de huit enregistrements. Nous avons tout d'abord retenu les situations où les médiateurs présentaient des épistémologies solides et bien structurées. Nous avons également sélectionné les situations dont les médiations étaient denses en contenus géologiques. Pour nos analyses ce sont avant tout les dimensions géologique et historique qui ont été privilégiées. Nous avons opté pour les médiations qui mobilisaient un cadre scientifique typiquement géologique et non pas géographique comme certaines situations le présentaient. Enfin, deux autres critères nous ont permis de faire le choix de nos situations. Nous avons focalisé nos analyses sur des situations qui relèvent de l' « *éducation non-formelle* », et nous avons porté notre attention sur deux personnages considérés comme « *représentatifs* » de la médiation de la géologie de terrain dans les Alpes.

Nous avons focalisé notre analyse sur les modalités de *production du discours* principalement dans sa dimension *textuelle*. Nous entendons ici par texte, le discours considéré dans sa dimension écrite et constituant un système de signification.

Néanmoins, nous n'avons pas négligé pour autant *l'énonciation* de ce discours dans le contexte particulier des situations de terrain.

Le cadre théorique que nous avons mis en place nous a permis de dégager un certain nombre de critères d'analyse, que nous avons détaillés en plusieurs « *indicateurs* ». C'est à partir de ces indicateurs que nous avons pu appréhender les traces du récit au sein du discours des médiateurs, dans le cadre de la construction d'un registre empirique partagé, dans la mise en œuvre d'une causalité narrative évoluée et dans l'exploration des possibles par la fiction.

Chacun de ces indicateurs (au nombre de 164) a été traduit sous forme de « *mots-clés* » dans le logiciel de traitement vidéo « *Transana* ». Grâce à ce logiciel nous avons non seulement procédé aux retranscriptions des discours des deux médiateurs, mais nous avons également pu affecter à chaque éléments du discours (mots, phrases, paragraphes, ensemble de paragraphes...) un ou plusieurs mots-clés. Ce travail long et fastidieux a été mené en plusieurs phases, en appui avec les diverses thématiques circonscrites par les critères d'analyse. Les données ainsi traitées ont été ensuite présentées sous diverses formes. Des graphiques nous ont permis de montrer quelques aspects quantitatifs associés à nos analyses. Mais ils ont permis surtout de cerner les éléments de discours sur lesquels devait se porter notre analyse qualitative. Ainsi, plutôt que de rechercher ces éléments dans la linéarité du discours, nous avons utilisé les mots-clés pour sélectionner les parties de discours sur lesquelles une attention particulière devait être portée.

Le recours au logiciel Transana nous a permis dans un premier temps d'analyse de « *croiser* » les indicateurs par l'intermédiaire d'opérateurs booléens afin d'affiner notre recherche de certaines occurrences dans le discours des médiateurs. L'ensemble de ces données traitées nous a donné un certain nombre de résultats exploitables sous forme graphique (pourcentage des occurrences « problématisation fonctionnaliste » par exemple) ou bien sous forme de blocs de citations sur lesquels nous avons porté nos analyses. Cependant, c'est l'*importante étude qualitative* qui a été mise en œuvre à la suite de ce travail « logiciel » qui nous a permis d'aller au fond de nos analyses du discours de médiation.

Des résultats originaux qui montrent une hybridation entre des formes de scientificité discursive et une narration des temps géologiques

Les résultats que nous avons obtenus s'articulent en trois points fondamentaux qui caractérisent les discours de médiation scientifique :

- ≻ Le récit met en forme le discours et l'histoire géologique.
- ≻ Le fonctionnalisme prédomine dans les explications des médiateurs.

- Les temps géologiques sont difficilement pris en compte.

Le récit convoqué pour mettre en forme le discours et l'histoire géologique

En premier lieu, nous avons relevé dans l'une des deux situations, que le récit, s'il n'était que très peu explicité comme outil du discours scientifique, était largement utilisé pour le mettre en forme. Paradoxalement, son utilisation reste relativement discrète, comme si le médiateur souhaitait d'un coté mettre en œuvre du « *narratif* » pour répondre à des contraintes médiatiques – principalement la nécessité de captiver son public – mais d'un autre coté préservait son propos de toute forme de narration susceptible d'écarter son discours des standards de la scientificité. Le discours prend dès lors des formes hybrides (entre discours scientifique, discours didactique et discours médiatique). De plus, si la prestation du médiateur ne relève pas d'une « *histoire racontée* », elle emprunte cependant beaucoup au récit, ce qui nous autorise à dire que le récit joue un rôle déterminant quant à la construction de l'histoire géologique. Il répond en cela à une contrainte que nous avons définie comme épistémologique. En effet, les acteurs mis en scène dans la médiation de terrain sont intégrés à une histoire géologique en construction : les objets géologiques mobilisés sont donc « *dirigés* » comme des acteurs–marionnettes dans un cadre spatio-temporel mis en place à l'occasion. De ce point de vue, le récit mobilise un univers de virtualités spatiales et temporelles que le « *terrain* » ne peut fournir. Le récit donne ainsi accès à des virtualités qui organisent l'*espace* exploré lors de la sortie, mais aussi, et surtout, il organise les *temps géologiques* au sein desquels les objets géologiques prennent place. Donc, sans être vraiment considéré comme tel par le médiateur, le récit est dans ces situations de terrain, un outil de médiation au service de la reconstitution d'une histoire géologique.

Une prédominance du fonctionnalisme dans les explications des médiateurs

Le second élément fondamental qui caractérise le discours de médiation de terrain est celui de la prédominance du fonctionnalisme dans les explications du médiateur. Nous avons en effet montré que, quoiqu'il prenne des formes assez différentes dans les deux situations que nous avons étudiées, ce fonctionnalisme s'impose au discours et conduit à la narration d'un modèle. Les explications du médiateur prennent dès lors des allures « caricaturales » (pour reprendre le terme employé par Gould (1989)) qui semblent à même de rassurer les participants sur la pertinence scientifique du propos. Mais ce fonctionnalisme, s'il permet à juste titre de produire des explications scientifiques solides se retrouve bien souvent à jouer le rôle d'« *habits de sciences* ». Le récit dès lors ne raconte plus une histoire fondée sur des événements mais organise la mise en œuvre d'un ensemble de mécanismes savamment emboités qui répondent à une logique, présentée comme scientifique –

c'est là la force du fonctionnalisme –, et qui met de coté la *contingence historique*. Le temps est ainsi écarté : au mieux, il est une variable non contraignante interne au système, au pire, il est absent.

Des temps géologiques difficilement pris en compte

C'est là le troisième point fondamental que nous avons mis en évidence : le temps est difficilement pris en charge dans la médiation. Non seulement le fonctionnalisme tend écarter les temps linéaires (et à s'en tenir au mieux aux temps cycliques des phénomènes), mais de plus il limite la tension narrative à la seule dimension mécaniste de l'histoire. Or l'histoire géologique ne peut se réduire à la seule mise en scène de « *process* » géologiques. Les structures géologiques (« *pattern* ») sont porteuses d'un certain nombre de stigmates de leur histoire et c'est bien là que réside l'enjeu de la reconstitution de l'histoire géologique : organiser dans le temps et l'espace les divers process à l'origine de telles structures. L'engagement partiel des médiateurs dans de véritables constructions narratives impliquant le temps ne leur permet pas de prendre vraiment en charge la construction de problèmes historiques. La temporalité est présente dans le discours mais elle s'en tient très souvent à une juxtaposition d'événements qui s'organisent selon les temps linéaires dans des formes de chronotropes. Ces chronotropes se construisent sur une linéarité « *a priori* » des temps géologiques. Or nous avons montré que cette linéarité n'est pas un cadre pré-existant à l'histoire géologique. C'est la narration qui lui donne une existence comme construction conceptuelle. Les temps longs linéaires, qui sont typiques de la géologie, *émergent* du récit à partir des diverses formes de temps humains (temps cyclique, historique, saccadé, pour ne citer que ceux qui nous ont paru les plus pertinents) qui explorent le réel. Par la configuration des événements et du temps, le médiateur devrait ainsi pouvoir accéder à une construction rationnelle de l'histoire géologique qui contourne l'obstacle de l'aporétique du temps.

Récit et médiation de la géologie de terrain : les enjeux du « re-raconter »

En guise de conclusion cette synthèse des résultats, nous pouvons dire que la médiation scientifique, dans le cadre des situations de terrain que nous avons étudiées, fait face à un obstacle majeur, que nous désignons par « *inversion narrative* ». Cette inversion se caractérise par le fait que le médiateur, au lieu de prendre appui sur le récit comme pré-existant aux événements, considère le récit comme un « *déjà-écrit* » vers lequel il doit tendre. L'« *inversion narrative* » pousse ainsi à construire l'histoire sur les événements *d'abord*, vers le récit *ensuite*. S'opposent dès lors deux perspectives narratives inverses : l'une tournée vers *l'énoncé*, l'autre fondée sur l'*énonciation* (voir en annexe 1 page 657). Le « *re-racontÉ* » représente la perspective narrative — inversée — selon laquelle c'est l'existence de l'énoncé qui détermine le processus de mise en récit. Ce récit, qui se présente dès lors comme

un « *déjà-écrit* », constitue une sorte de représentation[2] historique stable et non questionnée. Le « *re-racontER* » quant à lui, représente la perspective narrative selon laquelle c'est le *processus* de mise en récit qui détermine l'énonciation. Dans sa mise en œuvre, l'énonciation se confronte à des enjeux de reprises de l'histoire qui peut être alors bousculée. Dans le processus subtil qui consiste à re-mobiliser l'histoire réside une méthodologie de la construction historique.

Mais nous pouvons aller plus loin dans l'analyse des incidences d'une telle « *inversion narrative* » sur le statut des savoirs géologiques engagés. Dans un « déjà-écrit », l'histoire géologique prend la forme d'un *énoncé* dont la réification est posée comme un *objet* de la recherche. Cet énoncé ne pré-existe donc pas comme une potentialité – un possible historique – à l'histoire géologique mais comme comme un *objet ad hoc* et *déjà construit* ; il a dès lors un statut *assertorique* vers lequel les explications vont tendre. Nous pensons au contraire que le récit est un *processus* : c'est la *narration* considérée comme *action*. Ainsi, plutôt que de considérer le récit comme un énoncé déjà produit, c'est l'*énonciation* qui représente l'enjeu principal de la médiation. C'est dans l'énonciation que se construit la configuration des événements et du temps : en *actualisant* les événements au travers de cette énonciation, l'histoire ne se « *révèle* » pas, elle se construit.

Ainsi, le récit fait non seulement exister l'histoire géologique dans une ontologie des événements, mais il montre aussi son pouvoir heuristique au travers d'une épistémologie du temps, ou pour être plus précis, une *épistémologie de la temporalité des événements*. C'est par ce processus, qui part du peu cohérent et va vers le plus cohérent (Ricœur dirait du *disparate* au *configuré*) que le récit donne corps à l'histoire. Et cette cohérence n'est pas interne à l'histoire : elle en émerge *par* le processus de configuration.

Retour sur des points de discussion : le récit et la fiction dans la médiation des temps géologiques « sur le terrain »

Les conclusions que nos résultats ont permis de formuler ont dû cependant être discutées, notamment du fait du cadre très spécifique dans lequel ils ont été produits. Nos discussions reviennent sur trois enjeux didactiques majeurs de la mise en récit dans nos situations de médiation de terrain qui montrent que les implications de la narration interviennent à des niveaux distincts de la construction de l'histoire géologique :

(a) la structuration de l'histoire géologique se fait par emboitement et par mise en œuvre d'un cadre évolutionniste de l'histoire ;

(b) la démarche historique repose sur la mise en œuvre d'une causalité narrative évoluée qui permet de construire des explications historiques ;

2. Le terme de représentation est ici pris dans son acception didactique

(c) la fiction explore le non-actuel et envisage les possibles explicatifs.

(a1) Niveaux d'emboitements du récit : la question du réductionnisme narratif dans la structuration de l'histoire géologique

Nous avons montré que la mise en récit, dans le cadre des médiations que nous avons étudiées, ne peut se réduire à la production d'un énoncé « *historique* » qui organise les événements dans le temps. Mais il n'en reste pas moins nécessaire, quand il s'agit de reconstituer une histoire géologique, de procéder à une structuration du cadre spatio-temporel des objets géologiques que l'on mobilise dans un « *énoncé* ». Nous avons montré également la nécessité de hiérarchiser cette structuration au travers du processus qui met en cohérence traces/indices/archives dans une articulation des phénomènes et des événements géologiques. Les différents niveaux d'emboitements ainsi produits, et dont le plus saillant est celui qui positionne des récits encadrés au sein d'un récit cadre, poussent le médiateur à mobiliser une forme de « *réductionnisme narratif* » que nous voyons comme un obstacle important à la construction de l'histoire géologique. Cette approche réductionniste de la narration est fortement dépendante de la conception de l'histoire géologique comme un énoncé déjà posé. L'idée que la structure du récit se définit par l'ensemble de ses parties, considérées comme pré-existantes et qu'il faut retrouver et révéler, est en effet incompatible avec celle selon laquelle le récit agit comme un processus de configuration des événements et du temps. Si réductionnisme il y a, il est à voir dans son unique cadre méthodologique, qui consiste à organiser l'« enquête géologique » en diverses étapes qui s'emboitent. L'histoire géologique, quant à elle, est une émergence de la mise en récit : c'est dans les relations configurées des événements et du temps qu'elle prend naissance.

(a2) De la rupture à la concordance, le récit construit les temps linéaires

Un autre aspect de la structuration de l'histoire géologique par la mise en récit que nous avons discuté est celui de la place prise par la *rupture narrative* dans le cadre évolutionniste dans lequel le médiateur fait évoluer les objets géologiques. Nous avons dit comment l'articulation de la concordance et de la rupture constituait, dans le discours des médiateurs, un point d'appui à des formes de problématisation, propices à entretenir une tension narrative d'une part, et à construire des savoirs géologiques d'autre part. Mais nous avons eu à insister sur les tendances des médiateurs à user de formes de temporalités que nous avons désignées par « *temps saccadés* ». Ces formes de temps représentent une sorte d'« *apparence de construction temporelle* » qui trouve son origine dans l'alternance concordance/rupture. C'est là une forme dérivée du catastrophisme que nous avons désigné comme une occurrence-pivot autour de laquelle se produit un *changement*. Or le sens

commun étant très friand de cette « *ponctualité événementielle* » du changement, le catastrophisme sert presque systématiquement de point d'ancrage à toutes sortes de « *brutalités* » de la nature, qui s'expriment par des événements géologiques violents. En usant de temps saccadés, les médiateurs focalisent l'attention sur l'événement en lui-même, sur sa « factualité » et non sur sa construction et ses conditions de possibilité, c'est-à-dire sur les relations de cohérence qu'il co-établit avec les autres événements. Nous pourrions dès lors être amenés à considérer que la rupture narrative est un obstacle important qui relève du catastrophisme ; *il n'en est rien*. C'est l'*inversion narrative* que nous avons définie plus haut qui se trouve être la cause d'une telle exagération de la rupture : c'est bien le catastrophisme qui relève de la rupture narrative, et non l'inverse. Cette rupture narrative trouvant son origine dans ce que Ricœur défini par l'*intelligence narrative*, notre vision « *narrativisée* » du monde nous pousse semble-t-il à construire systématiquement des histoires autour de la soudaineté de la rupture. Il y a là très probablement un lien avec le fait, comme le dit Bachelard (1931, 1963), que l'on ne perçoit le monde qu'au travers des *instants*. La *durée* étant quant à elle une construction émergente de la mise en récit, tout ce « *qui se produit* » ne s'insère dans les temps linéaires qu'à la condition d'être produit par une *narration*.

(a3) Entre contraintes épistémologiques et contraintes médiatiques, le récit construit le directionnalisme rationnel de l'histoire géologique

Cette analyse de la construction des temps dans le récit nous a conduit à un dernier point de discussion concernant la dimension *évolutionniste* de la mise en récit. Nous avons mis en évidence le fait que les temps linéaires de la géologie sont en réalité des *temps émergents* de la mise en récit et qu'ils ne sont donc pas pré-établis comme un cadre légal de déroulement des événements géologiques. Les événements géologiques ne sont donc pas des occurrences qu'il s'agit de positionner sur une échelle pré-construite. C'est par le récit que nous configurons les événements géologiques ; et de cette configuration naît une linéarité des temps qui donne à l'histoire géologique sa *direction*. Le directionnalisme de l'histoire géologique n'est donc pas un cadre théorique de départ qui contraint les événements à se produire les uns à la suite des autres. Le directionnalisme émerge du récit comme expression des temps linéaires : il est contraint par le *principe d'antériorité* qui gouverne la configuration des événements entre eux. L'histoire géologique est dirigée non pas *vers* un but (ce qui la construirait comme un récit finaliste) mais *depuis* les conditions de possibilité de chacun des événements. A un directionnalisme historique naïf, qui prendrait appui sur un récit téléologique, nous opposons une *construction directionnaliste rationnelle de l'histoire géologique*, fondée sur le principe d'antériorité qui exclut les formes de causalités conditionnées par le « *motif* » – au sens de motivation – ou le « *mobile* » – au sens de raison humaine d'agir – et dirigé vers la fin de l'histoire

pensée comme un but à atteindre.

Mais l'émergence des temps linéaires par le récit nous a conduit également à considérer plus dans le détail la question du *directionnalisme de l'histoire* et des rapports qu'il entretient avec l'*articulation des temps cycliques et linéaires*. Un enjeu important nous a en effet semblé se jouer entre linéarité et cyclicité au sein des narrations que nous avons analysées : le récit y jouerait le rôle *d'interface* entre temps linéaires et temps cycliques. Expliquons-nous.

Nous avons rappelé que le récit « *dit comment le monde change à partir de ce qu'il est déjà* ». C'est en cela que, par l'intermédiaire de la narration, l'humain construit des temps linéaires accessibles à sa pensée. Dans son approche « *pragmatique* », le récit donne corps au temps qui passe, le temps vécu, qui nourrit souvent un finalisme spontané et que l'on retrouve dans les « *modèles historiques* ». Mais dans sa dimension épistémologique, le récit permet selon nous de procéder à une *ré-habilitation* du temps : le temps qui passe n'a pas de valeur épistémique, seuls les temps linaires construits donnent accès à la temporalité du monde. Le récit serait ainsi ce qui fait rupture avec le temps qui passe (un temps sensible, premier, non questionné) pour en faire un *temps construit*, *configuré*.

Mais nous avons également montré que le récit se construisait sur une *cyclicité*, représentée par le *cercle mimétique*. Le récit, toujours construit autour de la structure début/milieu/fin, tend à enfermer le monde dans des variations cycliques autour d'une position d'équilibre. Or les temps cycliques mobilisés dans de telles situations sont des temps communs, accessibles à la perception : mouvement des aiguilles de l'horloge, rythme des saisons... Les temps cycliques qui organisent le monde sensible tendent donc à nous cantonner dans une répétition des phénomènes naturels. Nous pourrions dire que de ce fait ils ne nous aident guère à construire le temps.

Le récit serait donc là pour détourner l'ordre des choses des variations cycliques, comme pour faire dévier le monde de sa destinée : en « *actualisant le changement* », le récit poserait comme décisives certaines occurrences dans le cours des faits du monde. En rendant possibles les conditions pour que s'accomplissent ces occurrences, le récit construirait les événements dans ce qu'ils ont de *nécessaires* et de *contingents*. Le *principe d'antériorité* sur lequel se fonde cette construction narrative produit la *direction de l'histoire* au travers d'une succession de changements. Le récit nous permet en fin de compte de comprendre le monde comme *la somme de tous les changements qui s'y sont produits*. Le récit nous dit que le monde évolue. Le récit, c'est ce qui change.

Il apparait dès lors que le directionnalisme de l'histoire géologique dépend fortement de la mise en œuvre d'une *causalité exigeante* dans la mise en récit. Il s'agit bien ici de répondre à l'exigence de mobiliser des savoirs géologiques apodictiques dans un cadre narratif qui construit les temps linéaires de la géologie.

Nous avons défini ce processus par « *mise en œuvre de la causalité narrative* » et lui avons réservé une partie spécifique pour en discuter les implications que nous avons considérées comme déterminantes dans nos situations de terrain.

(b1) La mise en œuvre de la causalité narrative dans l'explication historique

Notre approche de la causalité narrative a été envisagée selon deux axes : dans le premier nous avons réfléchi aux modalités de mise en place de l'*explication historique* et à la nécessaire *intra-temporalité* qui s'y joue. Dans le deuxième, nous avons analysé les usages que font les médiateurs des *analepses*, et plus particulièrement des formes de *rétrodiction* vers lesquelles ces dernières peuvent tendre.

Nos analyses ont montré que le difficile engagement des médiateurs dans la temporalité avait pour conséquence de souvent produire des *chronotropes*. La prise en compte du temps comme une contrainte historique pré-existant au récit conduit à la production de narrations simplifiées, peu questionnées et réduites à la simple apposition des événements géologiques. Ces chronotropes se présentent ainsi comme des « *narrations condensées* » qui ont le statut de résumés : ils reprennent, en les organisant linéairement, les différents phénomènes géologiques issus d'une approche fonctionnaliste qui précèdent presque systématiquement le récit, qui prend dès lors valeur de *synthèse historique*. L'explication se construit donc *d'abord* par une étape fonctionnaliste an-historique, au travers d'une sorte de procédure d'analyse des objets géologiques. *Ensuite* vient une synthèse historique qui résume, en les organisant dans le temps, les événements associés à chacun des phénomènes (chaque événement est dans ce cas considéré comme l'occurrence dans le temps et l'espace, d'un phénomène précis). Mais ce n'est pas ce que nous considérons comme une explication historique. Un phénomène inséré dans une intra-temporalité n'est pas un événement au sens où nous l'avons défini. Il possède tout au plus une *historialité*, du fait qu'il se présente comme élément d'un flot d'événements *ad hoc*. Nous avons ainsi proposé que l'explication historique repose sur la mise en œuvre d'une *rationalité historique* dépendante du *principe d'antériorité*. Selon ce principe, la configuration des événements, dans une mise en récit, est rendue possible par le fait que l'événement antérieur considéré comme « *conditions de possibilité de l'événement ultérieur* » précède par nécessité cet événement. Du fait de la conjonction de ces principes d'antériorité affectés au traitement de chaque événement, l'histoire géologique se construit rationnellement selon une *direction*, qui n'est en fait que la résultante – l'*émergence* – de l'antériorité nécessaire des événements.

(b2) Analepse ou rétrodiction ? Le difficile engagement des médiateurs dans la démarche historique

La reconstitution d'une histoire géologique suppose donc de rechercher l'antériorité des événements comme des nécessités. Ces nécessités sont de nature fonctionnaliste, car tout événement se rattache à une classe de phénomènes qui en constitue les possibles explicatifs, mais également de nature historique, car, dès lors qu'un événement est considéré, qu'il soit accompli ou construit comme condition de possibilité, il s'insère dans une temporalité. Nous avons montré que la recherche de ces nécessités fonctionnalistes et historiques dans les médiations de terrain que nous avons analysées n'étaient pas aisées et prenaient la forme habituelle d'*analepses*. Ces analepses sont peu explicitées comme méthodologie de la recherche des nécessités : elles sont d'un usage spontané, peu questionné et parcourent une histoire déjà écrite. Elles jouent un rôle important dans la mise en place d'une *tension narrative* en servant de support à l'intrigue. Mais c'est presque toujours les *mécanismes* qui sont engagés dans les mises en tension ; la *temporalité* n'est que très peu sollicitée. Le « *suspens* » de la narration repose donc très peu sur le jeu de configuration des événements entre eux ; c'est le déterminisme des processus géologiques qui est le centre de toute la tension narrative mise en œuvre dans ces médiations. Les problématisations qui sont portées par ses analepses mettent en œuvre l'actualisme d'analogie et sont de ce fait principalement fonctionnalistes. Quand les temps longs s'avèrent nécessaires à l'explication des phénomènes géologiques lents, la problématisation pousse le fonctionnalisme au maximum de ses possibilités en s'en tenant à la recherche d'une sorte de déterminisme géologique. La *rétrodiction*, qui consiste à rechercher les « *antériorités nécessaires* » par une lecture à rebours de l'histoire, est très peu présente. Les analepses s'en tiennent à la seule recherche d'une causalité fonctionnaliste, excluant le temps, et se focalisant sur le déterminisme mécaniste des processus géologiques. Une telle mise de coté de la contrainte « *antériorité* » remet en question la recherche de l'historicité de la structuration chronologique des objets géologiques : en ne permettant pas cet accès à la configuration des nécessités des événements entre eux, le médiateur risque de raconter une histoire comme on enfile les perles d'un collier, dans un ordre précis, sans donner aucunement accès au motif que chaque perle impose à l'ensemble. Ce qui caractérise ce type d'histoire, c'est que les événements s'y succèdent le long d'une continuité historique *qui ne fait pas l'histoire*.

(b3) Vers un modèle de démarche historique...

Nous proposons ainsi que la démarche historique soit mise en œuvre au travers d'une *co-construction des nécessités fonctionnalistes et historiques*. Par la mise en intrigue, le récit est susceptible de mettre en configuration des occurrences

géologiques dans leur double dimension fonctionnaliste et historique. Cela suppose la construction d'une apodicticité des savoirs géologiques qui ne se limite pas à la seule confrontation des registres empirique et théorique dans un cadre fonctionnaliste. Une telle apodicticité doit se construire également sur la mise en œuvre rationnelle des nécessités historiques seules capables de rendre compte d'une histoire géologique unique et contingente.

Ces discussions sur la mise en œuvre de la causalité narrative nous ont amené à réfléchir à ce que nous avions posé comme un questionnement fort sur la place du « *terrain* » dans nos situations de médiation. La « *prise de contact directe avec le réel* », que nous avons désignée comme une considération de sens commun, constitue un obstacle empiriste important contre lequel la médiation de terrain se doit d'agir. Nous avons montré que le récit jouait un rôle non-négligeable dans cette prise en compte de ce que nous avons défini — en l'empruntant à Barthes (1968) — comme un « *effet de réel* ». C'est notamment par l'intermédiaire de la *fiction* que la médiation semble se confronter de façon pertinente au réel. Nos analyses ont permis de révéler que l'*immersion fictionnelle* jouait un rôle fondamental dans l'exploration du non-actuel et du rapport qu'il développe avec l'actuel. Nous avons montré l'importance du *contrôle de la similarité relative* dans la mise en place des mondes possibles. Nous avons également dit la place centrale qu'est appelée à jouer la mimesis dans la *feintise ludique partagée*.

(c1) L'immersion fictionnelle : une invitation à « faire rejouer le passé »

Nous avons montré dans nos analyses que l'*immersion fictionnelle* supposait l'existence *a priori* d'un monde virtuel comme un « *contenant* » dans lequel il s'agit de s'immerger, ou plutôt de faire s'immerger le public. Dans le cas contraire, le monde fictionnel imaginé serait réduit à un univers immatériel et sans limites spatio-temporelles. Or, même s'il est virtuel, ce monde est pensé comme (partiellement) similaire avec l'actuel. L'immersion fictionnelle repose donc sur la capacité du virtuel à s'actualiser potentiellement dans le monde sensible du sujet pensant. Cette capacité à « *faire rejouer le passé* » par ré-instanciation, que nous avons désignée par *mimesis fictionnelle*, est d'un grand intérêt dans la médiation de terrain car elle permet en quelque sorte de produire de l'actuel à partir du non-actuel. Mais le risque est grand, dans un tel contexte, de prêter à cette mimesis des vertus de modèle explicatif. Et si cette mimesis sert de modèle explicatif, elle doit être avant tout considérée comme une *interprétation*, au sens de l'acteur qui interprète un rôle : c'est une sorte de prestation dans un *hic et nunc* clairement délimité au cadre spatio-temporel du sujet.

(c2) Le contrôle de la similarité narrative : maitriser l'actualisation du non-actuel dans la fiction

L'immersion fictionnelle suppose donc de mettre en place des mondes virtuels dont on contrôle les points de similarité avec l'actuel. Mais elle suppose avant tout d'engager une *feintise ludique* : il s'agit pour le médiateur de « *faire croire* » à son public à un univers de virtualités. Tous les modèles de la science se construisant sur des virtualités, une fois la feintise ludique acceptée, la fiction fait tomber les limites contraignantes des pré-constructions du monde actuel (le monde actuel pensé communément dans sa concrétude définitive). Mais il ne s'agit pas pour autant pour le médiateur de laisser libre cours à l'imagination : bien au contraire, une fois les limites de l'actuel écartées, il doit contrôler la similarité du monde imaginé, en se focalisant sur un nombre limité de variables. Le contrôle de cette similarité relative semble pouvoir se faire d'autant plus efficacement que le niveau de virtualité est élevé. De ce fait, les modèles fictionnels très « *anthropomorphisés* » permettent de maitriser l'actualisation d'un non-actuel complexe. Rappelons par exemple le « *colosse* » qui pousse les unités briançonnaises par dessus le nummulitique du Fournel[3] : l'effet de réel par actualisation du non-actuel repose ici sur une exagération qui fonctionne à l'inverse de la similarité relative[4]. Une fois cette actualisation effective, l'enjeu devient « *en quoi la fiction porte-t-elle l'activité analogique qui se joue dans la modélisation ?* ». C'est là une question qui envisage plus généralement la place de la fiction dans la science. Cela pose notamment la question du rôle de la fiction dans la mise en place des « *modèles épurés* » que nous avons évoquées avec Granger (1992, 1995b) et qui constituent nos modes de pensée des savoirs scientifiques.

(c3) Feintise ludique partagée : les enjeux du « faire croire » pour construire l'histoire géologique

Nous avons terminé nos discussions sur le point le plus caractéristique à nos yeux de l'activité fictionnelle : la *feintise ludique partagée*. Sa mise en œuvre implique que le public accepte de « *jouer le jeu* » : or cela est plus aisé quand la médiation s'ancre dans le récit. La *mimesis fictionnelle* permet comme nous l'avons dit de s'engager, au sein du récit, dans un *faire croire* (= ne pas se limiter au réel) et un *mimer* (= jouer le virtuel comme s'il était réel). La fiction joue de ce fait

3. Situation « Fournel–RC » : Le médiateur mime un colosse qui pousse les unités briançonnaises par dessus le nummulitique, créant ainsi le front pennique (niveau de décollement majeur entre le domaine externe et le domaine interne.

4. Pour le dire autrement, plus l'anthropomorphisme est saillant, moins il y a de similarité avec le réel. Dans l'exemple cité, la mise en scène fictionnelle présente très peu d'analogie avec le réel. Ce qui est en jeu ici, c'est une modélisation des contraintes tectoniques qui sont proposées comme explication du chevauchement.

un rôle déterminant : en stimulant l'imaginaire, elle pousse à aller au-delà du déjà-connu. En poussant à s'écarter de la vision du réel ramené communément au « *concret* », elle engage semble-t-il une sorte de *rupture*, à propos de laquelle nous nous questionnerons en toute fin de conclusion. Il ne fait pas de doute cependant que la fiction, en stimulant l'imaginaire, procure un *gain cognitif* dans de telles situations de confrontation au « *virtuel de terrain* ».

Un autre aspect du processus de fictionnalisation sur lequel nous avons porté notre attention est celui de la *simplification des représentations du réel*. Les modélisations fictionnelles mobilisées dans les médiations semblent efficaces dans la mesure où elles ne s'en tiennent qu'à ce qui est utile à la compréhension. Cela signifie que, à l'inverse de ce que l'on pourrait supposer de l'immersion fictionnelle, la fiction ne met pas en place un univers virtuel globalisé en cherchent à « *tout prendre ensemble* ». Elle construit plutôt comme nous l'avions déjà évoqué des « *épures* » dans lesquelles seules quelques variables sont en jeu.

Cela rend possible dès lors une *manipulation* des objets du virtuel. En ramenant les objets géologiques, par l'intermédiaire de modèles fictionnels mobilisant la mimesis, à une *taille humaine*, le médiateur les rend accessibles, *configurables* et *manipulables*. Ce sont de telles *combinaisons de mimèmes* qui sont en jeu lorsque les géologues mobilisent les temps longs par nécessité quand ils mettent en œuvre l'actualisme de temps longs constructeur de phénomènes. Le phénomène construit n'a pas d'analogue dans le monde sensible : il ne prend du sens que dans l'univers de virtualités mis en place par la fiction.

Des apports pour la transmission des savoirs scientifiques : récit et problématisation dans les sciences historiques

Nous souhaitons à présent dégager les apports de notre travail aux études sur la médiation des savoirs, notamment dans le champ de la didactique des sciences. Mais nous souhaitons également préciser les limites de ce travail qui a été mené sur des situations très spécifiques et à propos desquelles nous envisageons ici de généraliser quelques-unes de nos conclusions. Cela nous conduira en fin de conclusion à imaginer des perspectives de recherches qui pourraient être engagées ultérieurement.

Sciences, récit et démarche historique : le rôle de la narration scientifique

Un des apports majeurs qui nous considérons pouvoir apporter aux recherches en didactique des sciences est celui qui tente de réhabiliter le récit dans sa dimension heuristique. Nous pensons en effet que le récit ne devrait pas être cantonné aux humanités et aux disciplines littéraires dans lesquelles il est systématiquement enfermé, non seulement dans le cadre scolaire mais également dans les contextes de socio-diffusion des sciences. D'un point de vue tout d'abord méthodologique, nous

voulons montrer que le récit est un outil didactique efficient et de portée étendue pour mettre en œuvre la démarche historique dans le cadre de l'enseignement des sciences. Cela nous amènera à dire en quoi nos recherches apportent un éclairage sur les obstacles à la mise en place d'une telle démarche. Nous montrerons enfin en quoi nos conclusions permettent d'envisager le directionnalisme historique comme cadre évolutionniste des sciences historiques.

Le récit : un outil cognitif pour accéder au monde qui nous entoure

Nous souhaitons tout d'abord insister sur le fait que le récit ne peut se réduire à une dimension littéraire ou à une forme de communication. Il est avant tout un mode d'accès à la réalité du monde. Et en cela, il ouvre le sujet à la confrontation à l'« *actuel* » et au « *non-actuel* ». Mais le récit est surtout le processus par lequel les *événements* et le *temps* sont *configurés*. En procédant à une mise en tension des événements par mise en œuvre du principe d'antériorité, la narration organise le disparate, elle configure ce qui est désorganisé. La mise en œuvre de la narration nous montre ainsi que ce ne sont pas les événements qui composent le récit mais bien l'inverse : pour le dire avec une métaphore, le récit produit le « ciment » qui unit tous les événements entre eux. C'est de ce « ciment » qu'émergent les temps linéaires qui donnent une direction à l'existence humaine et aux objets du monde sensible. Il nous semble donc important de voir dans l'« *intelligence narrative* » une sorte d'automatisme de l'humain à user du récit pour comprendre et expliquer le monde dans lequel il vit. Le récit serait le moyen le plus adapté qu'a trouvé l'humanité pour comprendre ce qui se produit autour de lui, et ce qui s'est produit dans le passé. Mais un tel usage systématique peut vite devenir un obstacle dès lors qu'il est utilisé sans discernement. Ainsi naissent les chronotropes, formes de récits *ad hoc*, au sein desquels des pseudo-événements se produisent le long de temps linéaires peu ou pas construits, qui ne configurent ni les événements ni le temps et qui produisent des constructions historiques naïves.

Des obstacles épistémologiques à la démarche historique

Nous avons eu l'occasion de présenter plus haut un obstacle important à la mise en œuvre de la démarche historique en géologie : l'« *inversion narrative*[5] ». Cet obstacle s'ajoute à plusieurs déjà identifiés en Sciences Historiques[6]. Nous avons

5. Il reste à définir si cet obstacle relève de l'épistémologie ou s'il est davantage de nature didactique.

6. Obstacle associé aux temps longs (Orange-Ravachol, 2012), obstacle « métamorphose » (Triquet et Bruguière, 2014) ainsi que les obstacles liés au volcanisme et aux fossiles (Triquet et Laperrière, 1999 ; Laperrière, 1999 ; Laperrière-Tacussel, 1995). Mais nous devons également rendre hommage aux travaux importants de (Astolfi et Peterfalvi, 1993 ; Astolfi, 1996, 1997) sur les obstacles qui sont sans nul doute à considérer comme fondateurs en didactique des sciences.

pu mettre en évidence d'autres obstacles épistémologiques grâce à nos recherches. Nous avons fait le choix de porter notre attention sur quatre d'entre eux :

L'obstacle fonctionnaliste : il est représenté par une approche « *mécaniciste* » des problèmes scientifiques. Un tel obstacle est lié au fait de n'appréhender les faits du monde qu'au travers de leur dimension fonctionnaliste au lieu de procéder à une reconstitution des événements en mettant en œuvre une démarche historique. La tendance est alors de s'en tenir, avec un tel fonctionnalisme, à des caricatures de scientificité (nous reprenons de nouveau le terme de Gould) qui donnent l'effet d'une approche scientifique mais qui n'en ont que les « *habits* ». Nous avons montré au contraire le besoin, lors de la confrontation à des problèmes de nature historique, de construire l'histoire en mettant de coté une part du fonctionnalisme pour donner une place prépondérante à la démarche historique.

L'obstacle « modèle historique » : un tel obstacle découle du précédent mais correspond à l'usage que l'on fait d'un modèle explicatif. Nous critiquons ici cet usage qui pousse à faire raconter l'histoire à un modèle fonctionnaliste. Le modèle de tectonique des plaques, qui résume le processus d'ouverture/fermeture océanique puis subduction à l'origine de la surrection d'une chaine de montagne est un modèle typiquement fonctionnaliste dans lequel a été injecté une temporalité. Les phénomènes décrits s'y produisent dans un ordre répondant à une logique à la fois « *mécaniste* » (le fonctionnement du modèle) et « *temporelle* », ce qui pourrait sembler être son histoire. Or il n'en est rien. Si, dans ce modèle, la temporalité se construit bel et bien par des nécessités antérieures, elle met de coté la contingence qui est l'essence de l'histoire. Sans contingence, pas d'histoire. De tels modèles poussent le fonctionnalisme au maximum de ses possibilités, en mobilisant une temporalité qui se confond avec la cause et qui semble dire comment l'histoire va s'écrire. Une telle façon d'aborder l'histoire constitue selon nous un obstacle important, que nous avons désigné par « *piège du modèle historique* » et qui correspond à cette extension à l'histoire des capacités explicatives du modèle fonctionnaliste. Cet obstacle semble trouver son origine dans le besoin de recourir systématiquement à la portée prédictive du modèle. Or une telle portée prédictive n'a de sens que dans une acception épistémologique : le modèle prédit l'explication possible qui pourra en être faite, mais il ne prédit pas « *ce qui sera* », au sens ontologique du terme. Or, en histoire, cette dimension ontologique du « *ce qui s'est produit* » est prépondérante.

L'obstacle réductionnisme historique : nous abordons un point particulier que nous

avons longuement abordé au travers de l'étude des récits emboités. Nous avons montré que l'organisation des divers récits entre eux et leurs « *emboitement*s » successifs conféraient à l'histoire une structuration spatio-temporelle des objets géologiques. Les récits encadrés, enchâssés dans un récit-cadre, sont autant d'épisodes d'une histoire plus générale. De telles constructions permettent, nous l'avons montré, de structurer dans le temps et dans l'espace les événements géologiques : en ce sens, l'emboitement des récits est un outil efficace de configuration des événements. Mais nous avons également pu révéler le risque dans un tel procédé qui consiste à considérer l'histoire géologique comme réduite à la somme de ses parties : l'histoire serait alors ce qui résulte de la conjonction des événements qui la compose. Or nous avons insisté sur le fait que le récit ne naît pas des événements, c'est lui qui donne naissance aux événements[7]. Il découle d'une telle conception que la reconstitution d'une histoire doit être imaginée comme *systémique* : d'une part, le récit ne peut être pensé indépendamment de ses parties (les événements et le temps) ; d'autre part, les événements et le temps sont des *émergences du récit* qui n'ont pas d'existence en dehors de ce tout que représente le récit. Cela nous conduit à dire à nouveau l'importance de considérer le récit comme un *outil didactique*, dont les fonctions heuristiques se fondent sur ses capacités « *émergentistes* », qui découlent des fonctions de schématisation structurale émergente, d'irréductibilité et d'imprévisibilité.

L'obstacle finaliste : nous avons mis en évidence les tendances, déjà bien décrites en didactique des sciences, à construire des récits téléologiques qui se nourrissent fortement des motifs humains en lieu et place de la cause. Le recours à des formes d'anthropomorphisme stimule en effet la mise en œuvre de ce que nous avons appelé une « *causalité motivée* », qui dirige le récit vers un but précis et pré-défini. Ainsi, penser le récit comme dirigé vers une fin en soi conduit à faire disparaitre la contingence, que nous avons désignée comme indispensable à la construction de l'histoire. Un tel obstacle nous parait l'un des plus prégnants dans les reconstitutions historiques, dans la mesure où il remet en question le directionnalisme de l'histoire et de façon plus générale le cadre

7. Nous rappelons de nouveau que nous avons eu l'occasion de mettre en évidence l'obstacle « *inversion narrative* » qui consiste à considérer le récit comme une construction d'événements. Nous avons montré au contraire, que c'est par le récit que les événements prennent sens. Hors du récit, ce que le sens commun désigne par événement n'est en fait qu'une occurrence dans le temps vécu. Cet obstacle de l'inversion narrative est selon nous un grand pourvoyeur d'explications historiques *ad hoc*, qui se limitent à juxtaposer les événements dans un ordre qui « semble faire histoire ».

évolutionniste des sciences historiques.

Récit et enseignement de la géologie historique

Nous proposons maintenant de transposer la prise en compte de tels obstacles au cadre de l'éducation formelle, et plus particulièrement à celui de l'enseignement de la géologie, en classe mais également « *sur le terrain* » (comme cela est souhaité dans les programmes officiels de Sciences de la Vie et de la Terre). Il s'agit notamment pour l'enseignant de SVT, de ne pas s'enfermer dans les modèles fonctionnalistes qui prévalent grandement dans les pratiques (Orange-Ravachol, 2012 ; Dessart et Triquet, e ; Paulin, 2015) et qui tendent à ignorer l'historicité des objets géologiques et biologiques (Dessart et Triquet, 2015 ; Paulin et Triquet, 2018). Pourtant, les programmes de SVT de l'Éducation Nationale y font clairement allusion :

> « *Il s'agit de montrer – dans le cadre des domaines propres aux sciences de la vie et de la Terre – que la science construit, à partir de méthodes d'argumentation rigoureuses fondées sur l'observation du monde, une explication cohérente de son état, de son fonctionnement et de son histoire.* » (Bulletin officiel spécial nř 4 du 29 avril 2010, p.1)

Le Bulletin Officiel n'insiste cependant pas davantage sur la méthodologie de cette dimension historique que recouvre les Sciences de la Vie et de la Terre. Or, les programmes de SVT de première et terminale scientifiques contiennent une importante partie de géologie, qui fait une large place à l'étude de terrain et à la géologie historique [8]. Les travaux de Orange-Ravachol ont montré, de ce point de vue, les difficultés qu'il existe chez les élèves de ces classes scientifiques pour mettre en place des explications qui ne se réduisent pas à des « *petites histoires ad hoc* » qui se présentent souvent comme des sortes de « *storytellings* » au sein desquels les relations de nécessité sont absentes.

Nous faisons ici le lien avec les obstacles que nous avons mis en évidence : la mise en récit se nourrit de l'*intelligence narrative*, mais dans ses formes non-questionnées, elle se réduit à une juxtaposition d'événements sans relation de nécessité. Le travail à engager afin de prendre en charge ces obstacles est selon nous celui de la *méthodologie de la démarche historique*. Il nous semble en effet que, au-delà d'une mise à l'écart des formes naïves de chronotropes, il est surtout nécessaire de former les élèves à la *production de narrations scientifiques* qui mettent en œuvre des formes de *causalités évoluées*. Un travail qui distingue, sans les opposer, la *causalité fonctionnaliste* et la *causalité historique* nous parait indispensable à la mise en place de ce que nous pourrions nommer des « *narrations géologiques* », au sens où l'on considère les

8. Les nouveaux programmes de la rentrée 2019 conservent cette approche de la reconstitution historique en géologie mais grandement fondée sur la mise en œuvre du modèle de la tectonique des plaques.

objets géologiques comme des objets historiques. En mettant en œuvre une telle *« pédagogie de la narration scientifique »*, fondée sur des préoccupations didactiques fortes, l'enseignant serait ainsi à même de faire produire à ses élèves des textes qui mobilisent le *principe d'antériorité* distinctement des autres formes de causalité. Il s'agit dans ce cas de proposer aux élèves d'utiliser la narration, non pas comme une forme littéraire (comme elle a tendance à être spontanément considérée) mais comme un mode d'accès à l'explication scientifique, et en particulier, l'explication historique. Travailler le principe d'antériorité conduirait en effet les élèves à dissocier ce qui relève du *fonctionnalisme* (mobilisant des connecteurs logiques) de ce qui relève de *l'historicisme* (mobilisant des connecteurs temporels). En redonnant un sens fort à l'« *avant* » et l'« *après* », les élèves pourront être amenés à rechercher les nécessités historiques et à les articuler avec la contingence. Ils seront susceptibles de quitter ainsi la pensée assertorique qui produit des énoncés non-questionnés et pourront s'engager ainsi dans des reconstitutions historiques d'un haut niveau apodictique.

Cet historicisme enseigné se nourrirait ainsi de la mise en récit comme d'une méthodologie scientifique rationnelle. En conséquence, l'usage du récit en science conduirait à ce que nous avons considéré, à la suite de Gould qui le proposait déjà dans son ouvrage « *La vie est belle* » en 1989, comme un nécessaire ré-équilibrage des méthodologies scientifiques, qui ré-habilite la narration comme méthode scientifique, et relativise la place prépondérante des sciences expérimentales comme emblème de la démarche scientifique. L'enjeu est de taille, notamment si l'on considère la portée des sciences historiques dans le cadre évolutionniste dans lequel sont pensées les théories scientifiques (Gayon, 995 , 2004). Construire rationnellement l'histoire revient ainsi à penser le directionnalisme des temps linéaires du récit comme un des fondements du cadre évolutionniste des sciences.

Le directionnalisme de l'histoire pour construire le cadre évolutionniste des sciences historiques

Les conclusions que nous avons pu formuler quant à la construction d'un directionnalisme de histoire géologique ont une grande portée nous semble-t-il, notamment dans le champ de ce que l'on nomme couramment les *« éducations à...* » (Orange-Ravachol, 2014). Les travaux que nous avons menés dans cette thèse se sont focalisés sur des médiations de la géologie que l'on pourrait considérer comme fondamentalement tournés *vers le passé*. Or ces « *éducations à...* » sont, pour leur part, davantage tournées vers l'avenir. En quoi nos conclusions peuvent-elles avoir une portée sur de telles préoccupations ? En quoi le directionnalisme de l'histoire vient-il éclairer la mise en œuvre des « *éducations à*[9]*...* » ?

9. Le S2HEP a publié récemment un ouvrage qui questionne les dimensions scientifiques des « éducations à... » : Perru *et al.* (2018).

Nous pensons qu'il est fondamental que l'enseignement des préoccupations de l'humanité sur son avenir soit fondé sur des bases épistémologiques solides et non pas sur de simples injonctions naïves à se comporter « *en accord avec la nature* ». Notre propos éclaire ce problème et envisage d'y répondre, au moins partiellement, par l'idée que le récit, en produisant du directionnalisme, peut donner accès à une compréhension évolutionniste du monde. Les grandes questions autour des enjeux environnementaux actuels ont besoin selon nous de cette vision directionnaliste du monde. Le récit permettrait dès lors que soit mieux conceptualisée la dimension *irrémédiable* de la plupart des événements du monde sans les considérer systématiquement comme des catastrophes. Les problématiques de la biodiversité, du réchauffement climatique, de la pollution atmosphérique, de la pollution océanique, pour ne citer que les plus médiatisés, gagneraient à être « *mieux* » pensés dans un cadre directionnaliste. Il s'agit en effet de faire comprendre l'inscription de ces processus dans les temps linéaires, et donc de concevoir leur irréversibilité. Les disparitions d'espèces du fait des activités humaines sont irréversibles dans l'absolu. Les conditions ayant conduit à l'apparition de ces espèces ne se représenteront pas de nouveau. Le réchauffement climatique est quant à lui considéré comme encore réversible, mais la question se pose du franchissement d'un « *point de non-retour* ».

Un certain nombre de ces sujets est pourtant abordé par le sens commun au travers d'*une vision cyclique du monde*. Les arguments ne semblent jamais manquer pour se rassurer, par des « *la nature s'en est toujours tirée* » ou autres aphorismes qui trouvent leur origine dans une pensée cyclique et stable du monde. L'idée que tout ce qui se produit sur Terre est cyclique et donc « *réversible* » semble en effet bien ancré dans le sens commun. Cette pensée se nourrit d'une vision d'un monde uniforme, dans lequel se produisent seulement quelques variations. Mais de façon ambiguë, des catastrophes de sens commun viennent ponctuer cette cyclicité, comme pour tout effacer et reprendre à zéro.

Le récit n'est donc pas innocent dans une telle pensée du monde : en articulant linéarité et cyclicité, il joue un rôle fondamental dans notre façon de discerner phénomènes et événements, et nous pousse à nous questionner sur ce que nous désignons comme « *faits* » du monde.

Les conclusions que nos recherches ont formulées constituent donc des apports potentiels aux recherches en didactique des sciences mais aussi à l'enseignement des SVT en classe et sur le terrain. Mais elles peuvent également selon nous apporter quelques éclairages sur les fondements didactiques et épistémologiques nécessaires à la mise en œuvre de la médiation des sciences.

Récit et médiation des savoirs : rupture versus continuité

Nous considérons en effet que nos recherches sont susceptibles d'apporter des éléments de réponses à des problèmes soulevés dans le cadre des situations d'*édu-*

cation non-formelle. Nous avons précisé dans notre étude en quoi les situations de médiation de terrain conservaient une structuration sur le mode du « *deficit model* » selon lequel la science est transmise dans un contexte de déséquilibre hiérarchique qui place le médiateur (mais est-ce vraiment le terme qui convient ?) en situation surplombante vis-à-vis de son public. Ce public, considéré du point de vue de son déficit de connaissance, doit dès lors être instruit par un « *plus savant* ». Le discours de *vulgarisation* qui se met en place se retrouve donc à combler un fossé qu'il crée lui-même de par la posture du vulgarisateur. Si nous avons reconnu que nos situations s'inscrivaient dans un tel modèle, nous avons été amenés à dire que le récit, qui reste très présent dans ces formes de discours vulgarisé, tendait à en atténuer les effets. À la *rupture épistémologique* qui est en jeu dans de telles situations, s'oppose la *continuité du récit* comme mode de communication d'une part et comme processus de construction de l'explication scientifique (fonctionnaliste et historique) d'autre part.

Le récit est ce qui permet de partager sa vision du monde. En donnant une existence aux événements et au temps, il s'inscrit dans une ontologie du monde. Et par le processus de narration, qui suppose un partage de l'information, il construit une *continuité ontologique* qui vient déstabiliser la *rupture épistémologique* constitutive des situations de vulgarisation scientifique. Pour le dire autrement : le récit, en ne se focalisant pas sur « *ce que l'on sait* » (dimension épistémologique) mais sur « *ce qui est* » (dimension ontologique), est susceptible d'atténuer (voire même de faire disparaitre) le fossé épistémologique entretenu par la vulgarisation scientifique. Le récit ne peut donc pas prétendre se substituer au « *troisième homme* » de la vulgarisation scientifique, cet intermédiaire entre le savant et le « *vulgus* » car il prend place dans le discours en oscillant constamment entre les trois pôles discursifs des situations de médiation (scientifique, didactique, médiatique). Pour le dire d'une autre façon : « *en étant partout, le récit ne peut se retrouver en position d'intermédiaire* ». De ce point de vue, nous pensons que nos travaux peuvent éclairer l'approche — anglo-saxonne, mais aussi canadienne — de la médiation des savoirs qu'est l'*interprétation*, développée et « *codifiée* » par Tilden et Craig (2007) dans les parcs nationaux américains. Les fondements épistémologiques d'une telle approche sont relativement éloignés des nôtres. Mais il nous parait intéressant d'envisager des points de convergence possibles, notamment en ce qui concerne les procédures de mise en récit.

Mais nous devons aller plus loin dans ces considérations sur la dimension médiatique du récit. Un point en particulier attire notre attention : les difficultés de mise en œuvre du récit dans la médiation des sciences (et dans la médiation des sciences historiques cela nous paraît d'autant plus problématique) semble reposer sur une réticence à user de formes de narration dans la construction des explications scientifiques. Cette réticence est évoquée par Bruner (2002) quand il dit que l'on attribut

au récit « *des conclusions spécieuses* ». Nous voyons dans une telle réticence un choix délibéré de posture scientifique qui pose le récit comme en dehors du champ de la science. Ce faisant, la science renvoie le récit à un partage des connaissances de sens commun. Le récit est alors considéré comme un objet de communication propre au « *vulgus* » et qui ne peut être utilisé dans la science rigoureuse. C'est là une forme de *sanctuarisation de la science* qui ne naît pas selon nous de la seule volonté des scientifiques. Au contraire, nous pensons que les formes de pensées naïves de la science nourrissent fortement l'idée d'une science sanctuarisée, fondée sur des expériences très instrumentées et des formules mathématiques complexes. De ce point de vue, la médiation des sciences peut jouer un rôle fondamental dans la mise en œuvre du récit non seulement comme outil médiatique, mais aussi comme outil de médiation de la science. Mais c'est à la condition d'en maitriser les usages méthodologiques et les fondements épistémologiques.

Limites et perspectives : Parcours géologique et mise en récit de l'histoire géologique

Notre méthodologie n'a pas été constituée pour explorer le parcours géologique tel qu'il a été pensé par les médiateurs de terrain. Pourquoi un tel choix ? La raison principale est de nature *épistémologique*. En prenant appui sur l'épistémologie du récit et du temps de Ricœur (1983, 1984, 1985), nous avons focalisé notre attention sur la place que prenait le temps dans les reconstitutions historiques de la géologie. Ce choix nous a donc engagé dans une confrontation avec l'aporie du temps qui marque toute construction historique, et qui en géologie prend une dimension qui relève de l'obstacle épistémologique. En ce sens, notre attention a été accaparée par la *temporalité* des événements plus que par leur *topologie*. Mais c'est aussi parce que la géologie mobilise des *temps longs* que nous avons préféré focaliser notre travail sur cette dimension temporelle plutôt que sur une dimension spatiale. Sans négliger pour autant les difficultés importantes qui existent dans les représentations des objets géologiques dans l'espace, c'est bien, selon nous, la construction des *temps longs* qui constituent le défi de la médiation de la géologie de terrain. Enfin, le choix d'organiser notre travail sur une approche principalement temporelle provient également d'une volonté de centrer notre attention sur la temporalité *historique*. Pour le dire autrement, nous avons souhaité analysé de façon privilégiée, ce qui dans les reconstitutions historiques, relève de la variable qui nous parait non seulement la plus délicate mais aussi la plus fondamentale : *le temps*. C'est donc bien d'une *épistémologie du temps* que nous nous sommes emparés pour travailler sur ces enjeux de mise en récit de l'histoire géologique dans les situations de médiation de terrain.

Un tel choix s'est avéré présenter des limites importantes, notamment parce que

le travail de terrain se fait rarement en situation statique : il se construit sur une logique de parcours, à la recherche de cohérence entre les différents affleurements qui constituent les sites riches d'indices du passé. Or nous n'avons que très peu envisagé notre méthodologie selon cet *aspect topologique de la médiation*. En mettant en œuvre des questionnements sur la temporalité géologique associée à *chaque affleurement pris isolément*, et non pas sur leurs *inter-relations* spatio-temporelles, nous avons mis à l'écart l'analyse du *parcours géologique*.

Il nous parait important de justifier une telle mise à l'écart. Le parcours géologique représente l'élément de synchronisation entre d'une part le déplacement physique dans l'espace et d'autre part le déplacement dans le temps, via l'histoire géologique racontée. En fait, et le lecteur l'aura remarqué, nous n'avons pas écarté la dimension spatiale de nos analyses. Mais nous avons surtout définie comme cible de notre travail la *dimension temporelle* des objets géologiques, qui *passe par* une exploration spatiale de ces objets. L'espace géologique que représente « *le terrain* » a donc été appréhendé comme élément du registre empirique qui, dans les processus narratifs que nous avons décrits, impliquent très fortement la temporalité. Dès lors il joue un rôle prépondérant dans la confrontation de l'actuel et du non-actuel. Mais au-delà du rapport espace-temps géologique, qui permet la mise en œuvre notamment du principe de superposition, nous avons effectivement écarté la question de l'articulation du parcours géologique et du récit en construction.

Dans un premier temps nous nous sommes principalement focalisés sur l'exploitation des éléments du registre empirique de chacun des affleurements. Nous engager ensuite dans une analyse supplémentaire des modalités d'organisation du parcours géologique nous a paru peu réaliste. Mais à présent que nous avons mis au jour les procédures et stratégies discursives qui sont mises en œuvre à un niveau local, il devient dès lors possible d'envisager les modalités de construction de l'histoire géologique, de façon plus globale, selon une « *dynamique de parcours*[10] ». La construction de ce parcours en fonction de l'histoire géologique à reconstituer (et inversement les contraintes que l'histoire géologique impose à l'organisation du parcours) représente selon nous une problématique particulièrement féconde sur des points tels que :

- Le *choix des affleurements* : pourquoi tels affleurements plutôt que d'autres ? Pourquoi à tel moment du discours ? Et à cette place-là par rapport aux autres arrêts ? Et en quoi ces arrêts portent-ils les indices en cohérence avec les autres affleurements visités ?
- L'*ordre* des arrêts devant les affleurements géologiques, qui caractérise un choix du médiateur qui n'a rien d'anodin quant à la succession des événements

10. De ce point de vue, seule l'analyse de la situation Fournel-RC répondrait à une problématique engageant le parcours : c'est la seule des deux situations étudiées à se dérouler au travers de plusieurs affleurements le long d'un sentier.

géologiques reconstitués.

- ≻ Le *sens de déroulement* de l'espace géologique (qui correspond à la transposition en temps de l'ordre des arrêts) : en choisissant de remonter le temps ou bien de suivre les temps linéaires, le médiateur fait un choix qui a un impact fort sur les modalités de reconstitution de l'histoire géologique.
- ≻ La *mise en scène du « disparate »* qui conduit le médiateur à engager la *mise en cohérence* des objets du réel dans une temporalité reconstituée.

Chaque arrêt du médiateur devant un affleurement peut être associé à un événement géologique. La succession des affleurements qui se suivent le long du sentier ne correspond pas forcément (c'est en tout cas rarement le cas) à l'ordre chronologique que tente de reconstituer le médiateur. Celui-ci est donc amené à faire des choix importants en ce qui concerne l'*ordre* dans lequel il va organiser les différents affleurements visités en cohérence avec sa mise en récit. C'est donc dans la préparation d'une « randonnée géologique », pensée et anticipée comme un *parcours* avec des étapes bien définies sur des affleurements, que réside la logique de la démarche historique que le médiateur veut suivre. L'analyse de l'organisation spatiale de ce déplacement physique pris en charge par le médiateur permettrait de faire ressortir les liens étroits qu'il existe entre *parcours géologique* et *mise en récit de l'histoire géologique*.

Il s'agirait dans ce cas de questionner l'organisation spatio-temporelle du parcours géologique et d'étudier les contraintes qu'elle impose au discours du médiateur. Mais surtout, une telle analyse du parcours choisi par le médiateur permettrait de comprendre les liens étroits qui s'établissent, dans la reconstitution historique, entre espace et temps, notamment dans la mise en œuvre par exemple d'un des principes fondamentaux appliqués à la géologie de terrain et qui permet la transposition de l'espace au temps : le *principe de superposition*. Car, organiser un parcours géologique revient, pour le médiateur, à anticiper sur l'histoire qu'il va pouvoir raconter/reconstituer et donc à imaginer comment il va *explorer le temps au travers de l'espace*[11]. Il procède ainsi à une mise en récit, aussi discrète soit-elle, qui mobilise le *principe d'antériorité* et l'articulation *nécessité/contingence*. Comme nous l'avons dit, ce procédé essentiel, qui, à partir de *l'espace* crée du *temps* relève de la *narration*.

Il y a là, indéniablement, de nouvelles analyses à engager, qui pourraient faire l'objet d'un nouveau travail de recherche sur la « *médiation du parcours géologique sur le terrain* »[12]. Une telle recherche devrait pouvoir questionner la mise en œuvre

11. Il est également contraint par le temps, la rationalisation de l'effort, la logique du discours...

12. Nous avons envisagé la rédaction d'un article dans une revue de Didactique des Sciences afin d'étudier cette autre dimension spatiale de la médiation géologique de terrain. L'accent donné à l'analyse de la médiation de l'organisation spatiale des objets géologiques telle qu'elle est mise en œuvre au sein d'une narration de terrain permettra de mettre en évidence la nécessité de se confronter au réel de terrain et donc d'organiser un *parcours géologique* porteur de sens.

du récit dans la médiation de terrain à la fois d'un point de vue *topologique* et d'un point de vue *temporel*. Comment le médiateur de terrain organise-t-il son parcours géologique ? Comment organise-t-il les diverses contraintes auxquelles il est confronté : accès aux affleurements, suivi du sentier, temps de parcours, nombre et ordre des arrêts, sens de lecture (chronologique ou anti-chronologique)... Il ne s'agit pas pour lui de se focaliser seulement sur les objets géologiques à différentes échelles : comment construit-il le parcours géologique comme un déplacement organisé dans l'espace et dans le temps géologique, dont les liens entre affleurements constituent la cohérence nécessaire à la construction d'une histoire géologique rationnelle ? Et dès lors, comment se construit cette rationalité de l'histoire géologique dans le temps et dans l'espace ?

Nous admettons que la question que nous avons posée en début de ce texte reste entière : pourquoi se rendre « *sur le terrain* » ? En quoi l'immersion dans un environnement naturel constitue-t-elle une « *plus-value* » pour la médiation scientifique ? L'activité de terrain n'est-elle pas une illusion quant à l'acquisition de savoirs scientifiques ? Et en quoi la mise en œuvre d'un parcours est-elle pertinente d'un point de vue didactique ? N'y a-t-il pas un risque, dans une telle immersion de terrain, de noyer les participants dans une sur-stimulation perceptive ? Car l'enjeu de ces médiations reste avant tout la compréhension d'une histoire géologique. Comment le médiateur fait-il pour s'assurer par exemple que l'activité de randonnée, de contemplation et de recherche de plaisir ne l'emportent pas sur la médiation des savoirs associés à cette histoire géologique ?

Ce sont là des questionnements qui montrent à la fois la richesse de ces situations et leur complexité ; car nous voyons bien ici que le travail qui consiste à dresser une typologie de ces situations reste à faire.

Les perspectives de recherche sur le recours au récit dans la transmission des savoirs scientifiques que nous évoquons ici doivent enfin permettre dire vers où ce travail peut maintenant nous amener. Quelques idées fortes ressortent de nos réflexions :

Les médiateurs scientifiques gagneraient à s'emparer du récit comme d'un outil de la science et non pas seulement comme d'un outil de la médiation. L'activité narrative ne peut en effet se cantonner aux dimensions communicationnelles et informatives de la médiation. Elle devrait être envisagée comme inhérente aux savoirs géologiques et non pas uniquement comme la mise en forme d'un discours sur lequel pèse toujours le risque d'une soi-disant « *indigestion de savoirs* ».

Convoquer le récit dans la médiation scientifique, c'est créer les conditions du *partage* de l'activité scientifique. Le récit porte dès lors une part de responsabilité dans la mise en œuvre d'un *contrat social* qui met en commun et confronte savoirs et opinions. C'est parce que le récit est un intermé-

diaire — un média ? — entre nous et le monde qu'il constitue ce avec quoi l'humanité peut se mettre d'accord sur ses origines et son avenir.

Les pouvoirs heuristiques du récit sont à exploiter car ils ouvrent à une *diversité des formes* de la science. En faisant du récit un mode de pensée de la science, il est possible de sortir des caricatures de sciences qui nourrissent des modes de pensée paresseux et naïfs qui se satisfont de modèles « *bien faits* » et qui expliquent tout (et malheureusement, parfois, n'importe quoi).

La rationalité historique reste une perspective à nos yeux essentielle car elle suppose une exigence de rigueur qui n'est pas celle des sciences fonctionnalistes. Les principes qui fondent l'*historicité* des objets des sciences historiques (notamment le *cohérentisme*) sont des principes forts à partir desquels le récit configure les événements et le temps.

L'approche ontologique dont relève le récit dans sa construction des savoirs permet de dire « *ce qui est* ». Il sort en cela les savoirs de leur carcan épistémologique habituel pour en faire des savoirs historiques. De tels savoirs se construisent au-delà de la seule phénoménologie fonctionnaliste qui consiste à décrire le mécanisme à l'origine de ce qui s'est produit. Le récit donne ainsi une nouvelle définition des « *faits scientifiques* » : ils sont avant tout le fruit d'une *histoire nécessaire et contingente* qui ne peut se réduire au seul phénomène qui permet d'en comprendre l'origine. Ces faits scientifiques se construisent comme des faits historiques qui n'en sont pas moins scientifiques.

L'enseignement des sciences (et notamment des Sciences de la Vie et de la Terre) devrait pouvoir apprivoiser le récit afin de l'inclure dans la compréhension des problèmes historiques, qui sont bien plus nombreux que ce que les programmes de l'Éducation Nationale laissent supposer. Il s'agirait dès lors de penser les sciences comme une *discipline historique*, du fait que ses objets d'étude sont des *objets historiques*.

Pour finir, il nous semble important de souligner que le récit joue un rôle fondamental pour dire comment nous voyons le monde *ensemble*. Bien au-delà d'une vision naïve du partage des connaissances et d'une activité narrative universelle pour les raconter, nous pensons fermement que le récit est « *ce qui met en commun* ». Il rassemble nos registres sur le monde et en fait des registres partagés.

Le récit, c'est le partage de la recette du temps qui passe.

Bibliographie

Adam, J. et Revaz, F. (1996). *L'analyse des récits*. Mémo. Seuil, Paris.

Agard, P. et Lemoine, M. (2003). *Visages des Alpes : structure et evolution geodynamique*. Commission de la Carte Geologique du Monde Ed.

Allieu-Mary, N. (2010). *Enseigner l'espace et le temps à l'école et au collège. Obstacles, pratiques, outils*, chapitre Penser l'espace et le temps en cours d'histoire-géographie, pages 57–108. INRP, Lyon.

Allègre, C. (1983). *L' Ecume de la terre*. Fayard, Paris.

Aristote (1989). *Organon, De l'interprétation (II), Premiers Analytiques (IV)*. Vrin, Paris.

Astolfi, J. P. (1992). *L'école pour apprendre*. ESF.

Astolfi, J. P. (1996). *Didactique des sciences de la vie et de la Terre*. Nathan.

Astolfi, J. P. (1997). *Mots-clés de la didactique des sciences. (Repères, définitions, bibliographies)*. De Bœck, Bruxelles.

Astolfi, J. P. et Develay, M. (2002). *La didactique des sciences*. Presses universitaires de France, Paris, 6ème édition.

Astolfi, J.-P. et Peterfalvi, B. (1993). Obstacles et construction de situations didactiques en sciences expérimentales. *Aster*, 16:103–124.

Aït-Touati, F. (2011). Ceci n'est pas une fiction. Les fictions de la science ou la fabrique des faits. *Vacarme*, 54(1):40–41.

Babin, C. (2005). *Autour du catastrophisme. Des mythes et légendes aux sciences de la vie et de la Terre.* Vuibert, Paris.

Bachelard, G. (1928). *Essai sur la connaissance approchée*. Vrin, Paris.

Bachelard, G. (1931). *L'intuition de l'instant.* Stock, Paris.

Bachelard, G. (1933). *Les intuitions atomistes.* Boivin, Paris.

Bachelard, G. (1934). *Le nouvel esprit scientifique.* Presses universitaires de France, Paris.

Bachelard, G. (1940). *La philosophie du non : essai d'une philosophie du nouvel esprit scientifique.* Presses universitaires de France, Paris.

Bachelard, G. (1949). *Le rationalisme appliqué.* Presse Universitaire de france, Paris.

Bachelard, G. (1953). *Matérialisme rationnel.* J.-M. Tremblay, Chicoutimi.

Bachelard, G. (1960). *La formation de l'esprit scientifique.* Vrin, Paris, 4eme édition.

Bachelard, G. (1963). *La Dialectique de la Duree.* Presse Universitaire de France, Paris, 2ème édition.

Bachelard, G. (1971). *Epistemologie.* Textes choisis par D.Lecourt. Presse Universitaire de France, Paris.

Barbichon, G. (1973). *Introduction à la psychologie sociale*, chapitre La diffusion des connaissances scientifiques et techniques ; aspects psycho-sociaux (Moscovici (dir.), pages 329–363. tome 2. Larousse, Paris.

Barthes, R. (1966). Introduction à l'analyse structurale des récits. *Communications*, 8(1):1–27.

Barthes, R. (1968). L'effet de réel. *Comunications*, 11 Recherches sémiologiques le vraisemblable:84–89.

Bensaude-Vincent, B. (2010). Splendeur et décadence de la vulgarisation scientifique. *Questions de communication [En ligne]*, 17:19–32.

Bensaude-Vincent, B. (2013). *L'opinion publique et la science à chacun son ignorance.* La Découverte, Paris.

Bishop, R. (1997). *Reading across cultures teaching litterature in a diverse society.* Teachers College Press and National Council of Teachers of English, New York.

Bloch, H., Chemana, R., Gallo, A., Leconte, P., Le Ny, J.-F., Postel, J., Moscovici, S., Reuchlin, M. et Vurpillot, E. (1991). *Grand dictionnaire de la Psychologie*, page 106. Larousse, Paris.

Bomchil, S. et Darley, B. (1998). L'enseignement des sciences expérimentales est-il vraiment inductiviste ? *Aster*, 26:pp 85–108.

Bousquet, R., Oberhänsli, R., Goffé, B., Wiederkehr, M., Koller, F., Schmid, S. M., Schuster, R., Engi, M., Berger, A. et Martinotti, G. (2008). *Tectonic Aspects of the Alpine-Dinaride-Carpathian System*, chapitre Metamorphism of metasediments in the scale of an orogen : A key to the Tertiary geodynamic evolution of the Alps, pages 393–412. Numéro 298. Siegesmund, S., Fügenschuh, B. & Froitzheim, N. Geological Society, London.

BRGM (1997). Etude geologique et structurale de l'ancienne mine de plomb argentifere du Fournel, a l'Argentière-la-Bessee (Hautes-Alpes). resreport.

Bruguière, C. et Triquet, E. (2012). Des albums de fiction réaliste pour problématiser le monde vivant. *Repères*, 45:181–200.

Bruner, J. (1987). *Le développement de l'enfant : savoir faire, savoir dire*. Retz, Paris.

Bruner, J. S. (1996). *L'éducation, entrée dans la culture. Les problèmes de l'école à la lumière de la psychologie culturelle*. Retz, Paris.

Bruner, J. S. (2002). *Pourquoi nous racontons-nous des histoires ?* Retz, Paris.

Bruner, J. S. (2015). *Car la culture donne forme à l'esprit*. De la révolution cognitive à la psychologie culturelle. Retz, Paris.

Brémond, C. (1966). La logique des possibles narratifs. *Communications*, 8:60–76.

Brémond, C. (1973). *Logique du récit*. Seuil, Paris.

Burnet, T. (1680). *Telluris Theoria Sacra*. Londres.

Cadoz, C. (1994). *Les réalités virtuelles*. Flammarion, Paris.

Canguilhem, G. (1957). *Hommage à Gaston Bachelard. Études de philosophie et d'histoire des sciences*, chapitre Sur une épistémologie concordataire. Presse Univesitaire de France, Paris.

Caune, J. (2005). *La publicisation de la science*, chapitre La culture scientifique et technique en question, pages 161–187. Paillart, I (dir.). Presse Universitaire de Grenoble, Grenoble.

Cayla, N., Hoblea, F. et Gasquet, D. (2010). Guide des bonnes pratiques de mediation des geosciences sur le terrain. *Géologie de la France*, 1:47–55.

Charaudeau, P. d. (2008). *La médiatisation de la science. Clonage, OGM, Manipuations génétiques*, chapitre De la situation et du contrat de communication, pages 11–22. De Boeck, Bruxelles.

Chavot, P. et Masseran, A. (2012). L'histoire de la Culture scientifique et technique (CST) en Europe. *In Mutations. Mémoires et perspectives du bassin minier*, pages 37–47.

Chomsky, N. (1968). *Language and Mind*. Harcourt, Brace & World, New York.

Cohen, C. (1994). *Le destin du mammouth*. Points Sciences. Seuil, Paris.

Corsi, P. (2001). *Lamarck*. CNRS Editions, Paris.

Cournot, A.-A. (1851). *Essai sur les fondements de nos connaissances et sur les caractères de la critique philosophique*, volume 2. Hachette, Paris.

Crépin-Obert, P. (2010). *Construction de problèmes et obstacles épistémologiques à propos du concept de fossile : étude épistémologique comparative entre des situations de débat à l'école ee primaire et au collège et des controverses historiques du XVII au XIX siècle*. Thèse de doctorat, Université de Nantes.

Cuvier, G. P. (1992). *Recherches sur les ossements fossiles de quadrupèdes : où l'on établit les caractères de plusieurs espèces d'animaux que les révolutions du globe paraissent avoir détruites : discours préliminaires (1812)*. Flammarion, Paris.

Debelmas, J. (1970). *Alpes. Savoie et Dauphiné. Guide Géologiques Régionaux*. Masson, Paris.

Debelmas, J. (2004). Regards actuels sur les Alpes : nouveautes et obscurites. *In Conférence*.

Debelmas, J. (2011a). *Alpes de Savoie*. Dunod, Paris.

Debelmas, J. (2011b). *L'exploration géologique des Alpes franco-italiennes*. Collection Histoire et société. Presses des mines, Paris.

Debelmas, J. et Mascle, G. (1994). *Les grandes structures géologiques*. Masson, Paris.

Demounem, R. et Astolfi, J. P. (1996). *Didactique des sciences de la vie et de la terre : fondements et références*. Nathan.

Deparis, V. et Thomas, P. (2011). La dérive des continents de Wegener. http://planet-terre.ens-lyon.fr/article/derive-continents-wegener.xml.

Dercourt, J. et Paquet, J. (1994). *Géologie: Objets et méthodes, cours et exercices résolus.* Dunod, Paris.

Dessart, F. et Triquet, E. (2014). *Médiation géologique et réel de terrain: Problématisation historique et récit dans le discours des médiateurs de terrain en géologie.* 8èmes journées scientifiques de l'ARDIST, Marseille.

Dessart, F. et Triquet, E. (2015). Médiation géologique de terrain. Explorer "le réel de terrain" et problématiser les événements grâce au récit. *Spirale-E*, (55):75–94.

Dessart, F. et Triquet, E. (2019 à paraître). Les analepses dans les recits de mediation geologique « sur le terrain » : un outil pour mobiliser l'actualisme et la demarche historique ? *RDST*.

Dewey, J. (1967/1993). *Logique : La théorie de l'enquête.* PUF, Paris.

Dewey, J. et Bird, J. (1970). Mountain Belts and the New Global Tectonics. *Journal of Geophysical Resaerch*, 75(14):2625–2647.

Dubied, A. (2016). Une définition du récit d'après Paul Ricœur. *Communication*, 19/2:45–66.

Dufrêne, Bernadette and Gellereau, Michèle (2003). Qui sont les médiateurs culturels ? Statuts, rôles et constructions d'images. *Médiations et médiateurs*, 19:163–175.

Dulguerova, E. (2001). Schaeffer, Jean-Marie. Pourquoi la fiction ? Compte rendu de lecture. *CiNéMAS*, 12(1).

Dupin, J.-J. et Johsua, S. (1993). *Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques.* PUF, Paris.

Eco, U. (1989). *Lector in fabula : le rôle du lecteur ou la coopération interprétative dans les textes narratifs.* Grasset, Paris.

Eco, U. (1992). *Les Limites de L'Interpretation.* Grasset, Paris.

Ellenberger, F. (1978). Le dilemme des montagnes au XVIIIe siecle : vers une rehabilitation des diluvianistes ? *Revue d'histoire des sciences*, 31(1):43–52.

Ellenberger, F. (1981-1982). Esquisse d'une trajectoire de la géologie française jusqu'en 1832. *Histoire et Nature*, pages 5–20.

Ellenberger, F. (1988). *Histoire de la géologie*, volume 1 de *Petite collection d'histoire des sciences.* Technique et documentation-Lavoisier, Paris.

Ellenberger, F. (1994). *Histoire de la géologie*, volume 2 de *Petite collection d'histoire des sciences*. Technique et Documentation - Lavoisier, Paris.

Fabre, M. (1993). *Les Sciences de l'éducation*, chapitre De la résolution de problème à la problématisation, pages 71–101. Pour l'Ère Nouvelle.

Fabre, M. (2009). Qu'est-ce que problématiser ? Genèses d'un paradigme. *Recherches en éducation*, 6:22–32.

Fabre, M. (2011). *Éduquer pour un monde problématique : la carte et la boussole*. PUF, Paris.

Fabre, M. et Orange, C. (1997). Construction des problèmes et franchissements d'obstacles. *Aster*, 24(24, p. 231).

Fayard, A. et Debelmas, J. (1999). *Les Alpes : la geologie, les milieux, la faune et la flore, les hommes*. Delachaux et Niestle, Lausanne, Switzerland.

Fraisse, P. (1967). *Psychologie du temps*. PUF, Paris.

Gayon, J. (1993). La biologie entre loi et histoire. *Philosophie*, 38:50–57.

Gayon, J. (1995). La biologie darwinienne de l'évolution est-elle «réductionniste» ? *Revue Philosophique de Louvain*, 93:111–139.

Gayon, J. (2004). De la biologie comme science historique.

Gellereau, M. (2005a). Entre recit scientifique et recit de fiction : le discours sur le « pays noir » dans l'accompagnement des visiteurs sur les sites miniers. *Revue du Nord*, 2(360-361):545–554.

Gellereau, M. (2005b). *Les mises en scène de la visite guidée*. Editions L'Harmattan, Paris.

Gellereau, M. (2011). Le récit de témoignage sur les usages comme reconstruction du sens des objets. *Culture & Musées*, 18:75–97.

Genette, G. (1972). *Discours du récit*. Seuil, Paris.

Genette, G. (2004). *Métalepse*. Seuil, Paris.

Gidon, M. (1998-2018). "GEOL-ALP". Site WEB.

Gohau, G. (1987). *Une histoire de la géologie*. Seuil, Paris.

Gohau, G. (1990). *Les sciences de la Terre aux XVII et XVIII siècle. Naissance de la géologie*. L'évolution de l'humanité. Albin Michel, Paris.

Gohau, G. (1992). Esprit déductif versus esprit inductif. *Aster*, 14(157):9–19.

Gohau, G. (2003). *Naissance de la géologie historique: la terre, des "théories" à l'histoire*. Inflexions. Vuibert : ADAPT-SNES, Paris.

Goix, H. (1995). Vous avez dit "crsital" ? je pense "verre". *Aster*, 20:105–137.

Gould, S. J. (1965). Is uniformatarianism necessary. *American Journal of Science*, pages 223–228.

Gould, S. J. (1986a). *La Mal-mesure de l'homme : l'intelligence sous la toise des savants*. Librairie Générale Française.

Gould, S. J. (1986b). *Le Pouce du Panda : les grandes énigmes de l'évolution*. Seuil, Paris.

Gould, S. J. (1989). *La vie est belle*. Seuil, Paris.

Gould, S. J. (1990). *Aux racines du Temps*. Grasset, Paris.

Gould, S. J. (1993a). *La foire aux dinosaures, reflexions sur l'histoire naturelle*. Seuil, Paris.

Gould, S. J. (1993b). *Le livre de la Vie*. Seuil, Paris.

Gould, S. J. (1998). *Comme les huit doigts de la main*. Seuil, Paris.

Gould, S. J. (2006). *La structure de la théorie de l'évolution*. Gallimard, Paris.

Gould, S. J. (2013). *Et Dieu dit : "que Darwin soit !* Seuil, Paris.

Granger, G. (2007). Nécéssite ou contingence. *Dialectica*, 40(1):59–70.

Granger, G. G. (1992). *La vérification*. Odile Jacob, Paris.

Granger, G. G. (1995a). *La science et les sciences*. Presses universitaires de France, Paris, 2ème édition.

Granger, G. G. (1995b). *Le probable, le possible et le virtuel : Essai sur le rôle du non-actuel dans la pensée objective*. Odile Jacob, Paris.

Granger, G. G. (1999). *La pensée de l'espace*. Odile Jacob, Paris.

Greimas, A. J. (1983). *Du sens*. Essais sémiotiques. Seuil, Paris.

Guettard, J.-(1779). *Mémoires sur la minéralogie du Dauphiné (2 tomes)*. Clousier, Paris.

Heams, T., Huneman, P., Lecointre, G. et Silberstein, M. (2011a). *Les mondes darwiniens. Volume 1.* Editions Matériologiques, Paris.

Heams, T., Huneman, P., Lecointre, G. et Silberstein, M. (2011b). *Les mondes darwiniens. Volume 2.* Editions Matériologiques, Paris.

Hess, H. H. (1962). History of an ocean basin. *Geological Society of America*, Petrologic Studies : A volume to honr A. F. Buddington.:599–620.

Hintikka, J. (1989). *L'intentionnalité et les mondes possibles.* Presses Universitaire de Lille.

Holmes, A. (1931). Radioactivity and earth movements. *Geological Society of Glasgow*, 18:559–606.

Hooykaas, R. (1970). *Continuité Et Discontinuité en Géologie Et Biologie.* Seuil, Paris.

Husserl, E. (1985). *Idees directrices pour une phenomenologie (ed.française)* . Gallimard, Paris.

Irwin, A. (2001). Constructing the scientific citizen : science and democracy in the biosciences. *Public Understanding of Science*, 10:1–18.

Isacks, B., Oliver, J. et Sykes, L. (1968). Seismology and the new global tectonics. *Journal of Geophysical Research*, 73(18):5855–5899.

Jacobi, D. (1984a). Du discours scientifique, de sa reformulation et de quelques usages sociaux de la science. *Langue française*, 64(1):38–52.

Jacobi, D. (1984b). Figures et figurabilité de la science dans des revues de vulgarisation. *Langages*, 19(75):23–42.

Jacobi, D. (1985). References iconiques et modeles analogiques dans des discours de vulgarisation scientifique. *Social Science Information*, 24(4):847–867.

Jacobi, D. (1986). *Diffusion et vulgarisation : itinéraires du texte scientifique.* Annales littéraires de l'université de Besançon. Les Belles Lettres.

Jacobi, D. (1987a). Quelques formes du savoir savant dans les discours de vulgarisation scientifique. *Aster*, 4:91–117.

Jacobi, D. (1987b). *Textes et images de la vulgarisation scientifique.* Recherches en sciences de l'éducation. Peter Lang, Berne.

Jacobi, D. (1988). Notes sur les structures narratives dans un document destiné à populariser une découverte scientifique. *Protée*, 16(3):17–25.

Jacobi, D. (1990). Les séries superordonnées dans les discours de vulgarisation scientifique. *Langages*, 25(98):103–114.

Jacobi, D. (1993). Les terminologies et leur devenir dans les textes de vulgarisation scientifique. *Didaskalia*, (1):69–83.

Jacobi, D. (1999). *La communication scientifique : discours, figures, modèles*. Presses Univ. de Grenoble.

Jacobi, D. et Schiele, B. (1988). *Vulgariser la science*. Champ Vallon, Paris.

Jacobi, D., Schiele, B. et Cyr, M.-F. (1990). La vulgarisation scientifique et l'éducation non formelle. *Persée, Revue francaise de pédagogie*, 91(1):81–111.

Jaubert, M. et Rebière, M. (2002). *Parler et ecrire pour penser, apprendre et se construire : l'ecrit et l'oral reflexif*, chapitre Parler et débattre pour comprendre : comment caractériser un "oral réflexif". Presses Universitaires de France, Paris.

Jurdant, B. (1970). La science et son mythe. *Education Permanente*, 6:63–76.

Jurdant, B. (1973). *Les problèmes théoriques de la vulgarisation scientifique*. Thèse de doctorat, Université Louis Pasteur de Strasbourg.

Jurdant, B. (1975). La vulgarisation scientifique. *La Recherche*, 53:141–160.

Kant, E. (1781/2006). *Critique de la raison pure*. Flammarion, Paris.

Kramar, N. (2012). Le tourisme scientifique en question : vers de nouvelles potentialités. *In Tourisme et apprentissages, Actes du colloque de Villetaneuse (16-17 mai 2011) Gille Bourguère et Guilia Fabbiano (dir.)*, pages 95–100. EXPERICE Université Paris 13, Villetaneuse.

Lacoste, C. (2001). *Influences des travaux de terrain sur les apprentissages en géologie*. Thèse de doctorat, Université de Limoges, Limoges.

Ladrière, J. (1960). Karl popper, misere de l'historicisme. traduit de l'anglais par herve rousseau. compte rendu. *Revue Philosophique de Louvain*, 58(60):632–636.

Langevin, P. (1911). L'évolution de l'espace et du temps. *Scientia*, 10:31–54.

Laperrière, M. (1999). Etudier les fossilles au musée. La spécificité des objets et du discours muséal comme point d'ancrage des apprentissages. *Aster*, 29:147–170.

Laperrière-Tacussel, M. (1995). Le volcanisme, du cours moyen à l'iufm. *Aster*, 20:61–83.

Larivaille, P. (1974). L'analyse (morpho)logique du récit. *Poétique*, n° 19(19):p. 368–388.

Lautier, N. et Allieu-Mary, N. (2012). La didactique de l'histoire. *Revue Française de pédagogie*, 162:95–131.

Le Pichon, X. (1968). Sea floor spreading and continental drift. *Journal of Geophysical Research*, 73(12):3661–3697.

Lecointre, G. (2009a). Guide critique de l'évolution. Belin, Paris.

Lecointre, G. (2009b). Récit de l'histoire de la vie ou De l'utilisation du récit. *In Les mondes darwiniens. L'évolution de l'évolution*, pages 381–408. Syllepse, Paris.

Lecourt, D. (1974). *Pour une critique de l'épistémologie (Bachelard, Canguilhem, Foucault).* François Maspéro, Paris.

Lecourt, D. (2002). *L'épistémologie historique de Gaston Bachelard.* Vrin, Paris.

Lecourt, D. (2006). *Dictionnaire d'histoire et philosophie des sciences.* Quadrige. Dicos poche. PUF, Paris, 4ème édition.

Lehrer, K. (2015). *Theory of Knowledge.* Routledge, Abingdon.

Lemoine, M., De Granciansky, P.-C. et Tricart, P. (2000). *De l'océan à la chaine de montagnes. Tectonique des plaques dans les Alpes.* Editeur Archives contemporaines-Gordon and Breach.

Lestage, P. (2008-2009). *Jérôme Bruner.* IUFM du Limousin, Limoges.

Lewis, D. (1973). *Counterfactuals.* Harvard University Press, Cambridge, MA.

Lewis, D. (1978). *Truth in Fiction.* American Philosophical Quaterly.

Lewis, D. (1983). *Philosophical Papers*, volume 1, pages 261–280. Oxford University Press, Oxford.

Lewis, D. (2007). *De la pluralité des mondes.* Tiré à part. Ed. de l'éclat.

Lhoste, Y. (2008). *Problématisation, activités langagières et apprentissages dans les sciences de la vie. Études de débats sceintifiques dans la classe dans deux domaines biologiques : Nutrition et évolution.* phdthesis, Université de Nantes, Nantes.

Lhoste, Y. (2017). *Épistémologie et didactique des SVT*. Presses Universitaires de Bordeaux, Bordeaux.

Lhoste, Y., Boiron, V., Jaubert, M., Orange, C. et Rebière, M. (2011). Le récit : un outil pour prendre en compte le temps et l'espace et construire des savoirs en sciences ? *RDST*, n° 4:57–82.

Lhoste, Y. et Peterfalvi, B. (2009). Problematisation et perspective curriculaire en svt : l'exemple du concept de nutrition. *aster*, 49:79–108.

Lits, M. (1997). Le récit médiatique : un oxymore programmatique. *Recherches en communication*, 7:37–59.

Lits, M. (2012). Quel futur pour le récit médiatique ? . *Questions de communication*, (21):37–48.

Lévy-Leblond, J. (2001). Science, culture et public : faux problème et vraies questions. *Quaderni*, 46 La science dans la cité:95–103.

Maldidier, P. (1973). *Les revues de vulgarisation : contribution à une sociologie des cultures moyennes*. CSE, Paris.

Martinand, J.-L. (1992). *Enseignement et apprentissage de la modélisation dans les sciences*. INRP, Paris.

Martinand, J.-L. (1996). Introduction a la modelisation. *In Actes du seminaire de didactique des disciplines technologiques*. LIREST, Cachan.

Mayr, E. (1989). *Histoire de la biologie : diversité, évolution et hérédité. Des origines à Darwin.* Fayard.

Mayr, E. (1995). *Histoire de la biologie : diversité, évolution et hérédité. De Darwin à nos jours.* Fayard.

McKenzie, D. P. (1967a). Some remarks on heat flow and gravity. *Journal of Geophysical Research*, 72.

McKenzie, D. & Parker, R. L. (1967b). The north pacific : an example of tectonics on a sphere. *Nature*, (216):1276–1280.

Molinatti, G. (2010). Discours de chercheurs autour d'une controverse socio-scientifique. Savoirs, opinions et normes. *RDST*, (1):197–222.

Morange, M. (2003). *Enquête sur le concept de causalité*, chapitre Bilogie : une causalité éclatée, pages 161–177. PUF, Paris.

Morgan, W. J. (1968). Rises, trenches, great faults, and crustal blocks. *Journal of Geophysical Research*, 73.

Mortureux, M.-F. (1990). L'hyponymie et l'hyperonymie. Présentation. *Langages*, 25(98):5–6.

Mortureux, M.-F. et Petiot, G. (1990). Hypo/hyperonymie et stratégies discursives. *Langages*, 25(98):115–121.

Murzilli, N. (2012). De l'usage des mondes possibles en théorie de la fiction. *Revue Philosophique*, 24:326–351.

Nicollet, C. (2018). Évolution géodynamique de la chaine alpine. Site WEB.

Orange, C. (1997). *Problèmes et modélisation en biologie : quels apprentissages pour le lycée.* Presses universitaires de France., Paris.

Orange, C. (2000). *Idées et raisons. Construction de problèmes, débats et apprentissages scientifiques en sciences de la vie et de la Terre.* Mémoire d'habilitation à diriger des recherches en sciences de l'éducation., Université de Nantes, Nantes.

Orange, C., Beorchia, F., Ducrocq, P. et Orange-Ravachol, D. (1999). " Réel de terrain"," réel de laboratoire" et construction de problemes en sciences de la vie et de la terre. *Aster*, 28(28):107–129.

Orange, C. et Orange, D. (2004). Les conceptions des élèves et leur mode de raisonnement en sciences de la terre. *Geochronique*, 90:29–32.

Orange, C. et Orange-Ravachol, D. (2013). Le concept de représentation en didactique des sciences : sa nécessaire composante épistémologique et ses conséquences. *Recherches en education*, (17):46–61.

Orange-Ravachol, D. (2003). *Utilisation du temps et explications en sciences de la Terre par les élèves de lycée: étude dans quelques problèmes géologiques.* Thèse de doctorat, UNIVERSITE DE NANTES U.F.R. de Lettres et Langages.

Orange-Ravachol, D. (2005a). Le principe de l'actualisme, pierre d'achoppement des lycéens confrontés à des problèmes de Géologie historique. *Actes des Quatrièmes rencontres scientifiques de l'ARDIST.*

Orange-Ravachol, D. (2005b). Problématisation fonctionnaliste et problématisation historique en sciences de la terre chez les chercheurs et chez les lycéens. *Aster*, 40(40, p. 225).

Orange-Ravachol, D. (2005c). Tendance à la mise en histoire par les élèves de lycée en Sciences de la Vie et de la Terre.

Orange-Ravachol, D. (2007). Des mises en histoire aux savoirs scientifiques : le cas de lycéens confrontés à quelques problèmes de tectonique des plaques. *Aster*, 44(44, p. 7).

Orange-Ravachol, D. (2010). *Enseigner le temps et l'espace à l'école et au collège. Obstacles, pratiques, outils.*, chapitre Temps et construction de savoirs scientifiques, pages 109–139. INRP, Lyon.

Orange-Ravachol, D. (2012). *Didactique des sciences de la Vie et de la Terre.* Presse Universitaire de Rennes, Rennes.

Orange-Ravachol, D. (2014). Les " Éducations à " et les sciences de la nature : entre dédisciplinarisation et redisciplinarisation. *Education et socialisation - Les cahiers du CERFEE*, (36).

Orange-Ravachol, D. et Beorchia, F. (2011). Principes structurants et construction de savoirs en sciences de la vie et de la Terre . *Éducation et didactique*, 5(1):7–28.

Orange-Ravachol, D. et Béorchia, F. (2007). Principes structurants et savoirs en sciences de la vie et de la Terre. *In Actes du congrès de l'AREF.* Strasbourg.

Orange-Ravachol, D. et Triquet, E. (2007). Introduction : Sciences et récits, des rapports problématiques. *Aster*, 44(44, p. 7).

Pastor, A. (2010). *Enseigner l'espace et le temps à l'école et au collège. Obstacles, pratiques, outils.*, chapitre Le temps et l'espace, d'une culture à l'autre, pages 13–55. INRP, Lyon.

Paulin, F. (2015). *L'epistemologie contemporaine de la Theorie de l'evolution dans l'enseignement secondaire francais : etat des lieux et consequences didactiques.* Thèse de doctorat, Université Claude Bernard Lyon 1.

Paulin, F. et Triquet, E. (2018). *in O. Perru, P. Lautesse, F. Charles (Dir.). Une éducation à la pensée scientifique pour une société plus juste. Éducation, citoyenneté, pensée scientifique*, chapitre Épistémologie de la théorie de l'évolution : un outil pour développer le sens critique des enseignants et des élèves, pages 99–123. Vrin, Paris.

Pelletier, J. (2006). La fiction entre littérature et sciences. *Sciences et Avenir*, Hors Série(14):71–72.

Perret, A. (2014). *Géopatrimoines des trois Chablais : identification et valorisation des témoins glacaires.* Thèse de doctorat, Thèse de Doctorat. Université de Lausanne. Institut de géographie et durabilité. EDYTEM.

Perru, O., Lautesse, P. et Charles, F. D. (2018). *Une éducation à la pensée scientifique pour une société plus juste. Éducation, citoyenneté, pensée scientifique.* VRIN, Paris.

Piaget, J. (1986). *Logique et connaissance scientifique.* Gallimard, [nouv. éd.] édition.

Pichon, M. (2012). *Gaston Bachelard.* L'intuition de l'instant au risque des neurosciences. L'Harmattan.

Pomerol, C. et Renard, M. (1995). *Éléments de géologie.* Armand Colin, Paris.

Popper, K. R. (1956). *Misère de l'historicisme.* Recherches en sciences humaines. Plon.

Popper, K. R. (1991). *La connaissance objective.* Aubier.

Prigogine, S. (1993). *Entre le temps et l'éternité.* Flammarion.

Propp, V. (1965). *Morphologie du conte.* Seuil, Paris.

Reuter, Y. (2011). *L'analyse du récit.* A.Colin, Paris, 2eme édition.

Ricœur, P. (1975). *La métaphore vive.* Paris.

Ricœur, P. (1983). *Temps et récit, tome 1, L'intrigue et le récit historique.* Seuil, Paris.

Ricœur, P. (1984). *Temps et récit Tome 2, La configuration dans le récit de fiction.* Seuil, Paris.

Ricœur, P. (1985). *Temps et récit Tome 3 Le temps raconté.* Seuil.

Ricœur, P. (1980). *La narrativité*, chapitre Pour une théorie du discours narratif. Éditions du CNRS, Paris.

Rodriguez-Tomé, H. et Bariaud, F. (1987). *Les perspectives temporelles à l'adolescence.* PUF.

Roqueplo, P. (1974). *Le Partage du savoir : science, culture, vulgarisation.* Collection Science OUverte. Seuil.

Rudwick, M. (1997). *De la géologie à son histoire (Gohau, G, dir.)*, chapitre Smith, Cuvier et Brongniart et la reconstitution de la géohistoire, pages 119–128. CTHS.

Ryan, M.-L. (2010). *La théorie littéraire des mondes possibles*, chapitre Cosmologie du récit des mondes possibles aux univers paralèlles, pages 53–81. CNRS Édtions, Paris.

Salmon, C. (2016). *Storytelling*. Bewitching the Modern Mind.

Saussure, H. B. d. (1779). *Voyages dans les Alpes*. Neuchatel.

Schaeffer, J.-M. (1999). *Pourquoi la fiction ?* Seuil, Paris.

Schaeffer, J.-M. (2005). Quelles vérités pour quelles fictions ? *L'Homme*, 175-176(3):19–36.

Searle, J. R. (1985). *L'Intentionnalité. Essai de philosophie des états mentaux*. Éd de minuit, Paris.

Serres, M. (1997). *Le Trésor, Dictionnaire des sciences*. Flammarion, Paris.

Shakespeare, W. (1603). *La Tragique Histoire d'Hamlet, prince de Danemark*. Gérard Lebovici.

Shea, J. (1982). Twelve fallacies of uniformitarianism. *Geology*, 10:455–460.

Stengers, I. (2011). *L'invention des sciences modernes*. Flammarion.

Stengers, I. et Bensaude-Vincent, B. (2003). *100 [Cent] mots pour commencer à penser les sciences*. Les Empêcheurs de penser en rond, Paris.

Strzerzynski, P., Guillot, S., Courrioux, G. et Ledru, P. (2005). Mod elisation g eom etrique 3d des granites st ephaniens du massif du pelvoux (alpes, france). *Géosciences (Comptes rendus). Académie des Sciences*, 337:1284–1292.

Suess, E. (1875). *Die Entstehung der Alpen*. Braumüller, Wien.

Tilden, F. et Craig, R. B. (2007). *Interpreting our heritage*. University of North Carolina Press, Chapel Hill.

Triquet, E. (2007). Élaboration d'un récit de fiction et questionnement scientifique au musée. *Aster*, 44(44, p. 7).

Triquet, E. (2011). Le récit dans la médiation des sciences et des techniques. *Culture & Musées*, 18(1):13–22.

Triquet, E. (2012). La médiation des sciences et des techniques par le récit. Revue" Culture et musées" n° 18. Actes Sud.

Triquet, E. et Bruguière, C. (2014). Récit de fiction, problématisation et obstacles sur la métamorphose. Analyse épistémologique et dispositif didactique. *RDST*, (9):51–78.

Triquet, E. et Laperrière, M. (1999). Etudier les fossiles au musée. La spécificité des objets et du discours muséal comme point d'ancrage des apprentissages. *Aster*, (29).

Vergnioux, A. (2003). *L'explication dans les sciences*. De Boeck, 1re éd. édition.

Vérin, A. (1998). La description dans l'enseignement des sciences expérimentales. Septentrion Presse Universitaire.

Veyne, P. (1971). *Comment on écrit l'histoire. Essai d'épistémologie*. Seuil, Paris.

Viennot, L. (1993). Temps et causalité dans les raisonnements des étudiants en physique. *Didaskalia*, (1).

Viennot, L. et Debru, C. (2003). *Enquête sur le concept de causalité*. PUF.

Vine, E. J. et Matthews, D. H. (1963). Magnetic anomalies over oceanic ridges. *Nature*, 4897(4897):947–949.

Vuillemin, J. (1984). *Nécessité ou contingence. L'aporie de Diodore et les systèmes philosophiques*. Minuit, Paris.

Vygotski, L., Piaget, J., Sève, F. et Sève, L. (1997). *Pensée et langage*. La Dispute, Paris.

Weber, M. (1992). *Essais sur la théorie de la science*. Presse Pocket, Paris.

Wegener, A. (1912). Die entstehung der kontinente. *Geologishe Rundschau*, 3:276–292.

Wegener, A. (1990 (1924)). *La Genèse des continents et des océans*. C.Bourgeois, Paris.

Whewell, W. (1840). *The Philosophy of the Inductive Sciences*. Founded Upon Their History.

Wittgenstein, L. (2001). *Tractatus logico-philosophicus*. Gallimard, [Paris].

Wunenburger, J.-J. (2012). *Gaston Bachelard : poetique des images*. Mimesis, Paris.

Index des auteurs anciens

Agassiz, 71
Aristote, 24, 25, 28, 53, 55, 72, 82, 83, 86, 194, 197, 200, 205, 210, 217

Blumenbach, 70
Bolztmann, 51
Bruguières, 71
Buckland, 70, 71
Buffon, 54, 61
Burnet, 56, 57, 68

Comte, 95
Conybeare, 74
Cournot, 89
Cuvier, 70, 71

D'orbigny, 71
Darcet, 72
Darwin, 74
De Luc, 73
De Maillet, 54
De Vinci, 69
Delamétherie, 71, 73
Deluc, 70, 89
Descartes, 61, 68
Desmarest, 72
Dolomieu, 70

Elie de Beaumont, 70, 71
Erathosthène, 53, 55

Gesner, 69
Giraud Soulavie, 72
Guettard, 72, 237

Hérodote, 72
Hipparque, 53
Husserl, 14, 15
Hutton, 54, 56, 61, 62, 69, 72, 73, 89
Huxley, 74

Kant, 50, 165, 168

Lamarck, 71
Lecourt, 45
Lucrèce, 55
Lyell, 54, 62, 69, 71–74

Murchisson, 70

Newton, 50, 68

Palassou, 72
Patrin, 71
Platon, 215
Playfair, 72
Prévost, 71
Pruvost, 73

Rudwick, 58, 74

Saint Augustin, 12
Saussure, 70, 237
Scrope, 72
Sedgwick, 70, 71
Shakespeare, 205
Sténon, 58, 69
Strabon, 53, 55
Straton De Lampsaque, 53, 72
Suess, 240

Werner, 54, 58
Whewell, 84
Whiston, 68
Wilson, 55
Woodward, 68

Index des auteurs récents

Adam, 193
Allieu-Mary, 145–148
Aristote, 27
Astolfi, 103, 206

Béorchia, 130, 147, 163, 166
Babin, 62, 67–71, 89
Bachelard, 14, 16, 18, 34, 35, 46, 47, 104, 105, 108, 115–119, 121, 133, 139, 195, 210
Barbichon, 177
Bariaud, 145
Barthes, 190, 192, 207, 209, 217
Bensaude-Vincent, 175–177
Benveniste, 207
Beorchia, 36, 119, 120
Bergson, 46
Bird, 239, 248
Bishop, 206
Bloch, 17
Bomchil, 94, 95
Bousquet, 239
Brémond, 192
Bruguières, 204, 206
Bruner, 14, 15, 17, 165, 190, 194, 195, 205–207

Cadoz, 219
Canguilhem, 104, 116
Caune, 176
Charaudeau, 178–182
Chavot, 175, 176
Chomsky, 12
Cohen, 162
Courrioux, 262
Crépin-Obert, 140

Darley, 94, 95
de Ricqlès, 80, 168
Debelmas, 247, 538
Debru, 142, 165, 166
Demounem, 103
Dessart, 163
Develay, 103
Dewey, 117, 239, 248
Dubied, 196, 210
Ducrocq, 36, 130
Dulgerova, 208
Dupin, 12

Eco, 17, 95
Eldredge, 141
Ellenberger, 53, 54, 58, 66, 68, 72–74, 90, 130
Emery, 30

Fabre, 116–118
Fayard, 247
Fraisse, 145
Freund, 83

Gayon, 78–80, 168
Genette, 342
Gidon, 240, 247, 256, 283
Gohau, 53, 55, 61, 69, 73, 74, 89, 94, 95, 127, 136, 538
Goix, 141
Gould, 54, 56, 68, 74, 82, 89, 90, 130, 132, 141, 162, 165, 201
Granger, 19–22, 24–31, 78, 91, 92, 103, 111, 133
Greimas, 192, 194
Guillot, 262

Heams, 75, 86, 88, 168
Hintikka, 208
Hooykaas, 66, 70, 72–74, 87, 89, 90
Hull, 79

Irwin, 177

Jacob, 124
Jacobi, 99, 174, 176–179, 181, 186
Jaubert, 109
Joshua, 12
Jurdant, 176, 177

Klein, 45

Lévy-Leblond, 176, 180
Ladrière, 80
Langevin, 139
Lautier, 147
Le Guyader, 70
Lecointre, 88, 94, 95, 146, 201
Lecourt, 14, 19, 27, 30, 45, 47, 48, 51, 70, 73, 74, 104
Ledru, 262
Lehrer, 29
Lemoine, 240
Lestage, 17, 194
Lewis, 208, 214, 217, 221, 222, 224
Lhoste, 105, 115, 117, 118, 120–122, 124, 133, 140, 206

Maldidier, 177
Martinand, 111, 121
Mascle, 247
Masseran, 175, 176
Mayr, 84, 86, 94
Molinatti, 177
Morange, 140, 201
Murzilli, 221

Nicollet, 247

Orange, 36, 118, 120, 121, 124, 129, 130, 133, 141, 147
Orange Ravachol, 36, 54, 62, 87, 89–92, 119–121, 130, 132, 135–137, 140, 141, 146, 147, 163, 166, 167

Pastor, 138
Pellegrin, 71
Pelletier, 208
Peterfalvi, 103, 121, 122, 124, 206
Piaget, 12
Pichon, 46, 47
Popper, 16, 17, 80, 95, 168, 398
Prigogine, 29, 50, 51
Propp, 192, 193

Rebière, 109
Reuter, 192
Revaz, 193
Ricœur, 15, 18, 81, 138, 190, 195–200, 202, 206–210, 224, 268, 277, 364
Rodriguez-Tomé, 145
Roger, 61
Ryan, 221

Salmon, 209
Schaeffer, 208, 210, 214, 216, 217, 219
Searle, 220
Serres, 106
Shea, 90
Stengers, 130, 176
Strzerzynski, 262

Triquet, 163, 204, 206

Vergnioux, 82–84, 120
Verin, 105–107, 109
Veyne, 31, 147, 149
Viennot, 142, 165, 166
Vygotski, 194, 195

Weber, 83
Whewell, 132
Wittgenstein, 28, 30, 200
Wunenburger, 14

ANNEXES

Les enregistrements initiaux des médiateurs

Table 1 – Les enregistrements initiaux

Nom de la sortie	**Profil du médiateur**	**Thème général**	**Public**
Sixt Fer à Cheval	Accompagnateur en montagne	Les mécanismes d'érosion	Scolaires (classe de 5eme, premier demi-groupe)
	Médiateur en géologie Ancien géographe Géomorphologue		Scolaires (classe de 5eme, deuxième demi-groupe)
Fort de Tamié	Médiateur référent PNR des Bauges	Histoire du Fort, Combe de Savoie et panorama sur Belledonne (bouché)	Touristes, habitués, et retraités à l'université Intervention en alternance des trois médiateurs
	Médiateur / organisateur géofestival du Beaufortain Ancien géologue chez ELF		
Tannes et glacières de Margériaz	Médiateur référent PNR des Bauges	Les gouffres creusés dans les calcaires des Bauges	Touristes, habitués, et retraités à l'université
Col du Christillian	Médiateur enseignant au CBGA (=RC)	Série ophiolitique (formation, enseignant de SVT)	Enseignant de SVT en stage d'été
Vallon du Fournel	Médiateur enseignant au CBGA (=RC)	Les déformations alpines visible dans la géologie du Fournel	Touristes
Col du Galibier	Médiateur enseignant au CBGA (=RC)	Le front pennique	Enseignant de SVT en stage d'été
Col de Balme	Médiateur au CGO (=TG) ancien chercheur	Entre Mont Blanc et Aiguilles Rouges	Touristes, enseignants de SVT, retraités à l'université, amateurs de géologie
Col du Petit St Bernard	Médiateur Géofestival du Beaufortain (=GDB)	Océan Valaisan	Touristes, amateurs de géologie
Col du Joly	Médiateur Géofestival du Beaufortain (=GDB)	Tectonique alpine Les niveaux de décollement (gypses)	Touristes, amateurs de géologie, enseignants de SVT
Massif des Cerces	Médiateur au CGO (=TG) ancien chercheur	En arrière du front pennique : les nappes du briançonnais	Touristes, accompagnateur en montagne stagiaire, retraités à l'université, amateurs de géologie
Aiguille Dibona	Médiateur au CGO (=TG) ancien chercheur	Histoire de la Dibona	Retraités à l'université, accompagnateur en montagne stagiaire, touristes

Le cadre théorique de l'histoire géologique alpine : la théorie de la tectonique des plaques

Avant l'avènement de la tectonique des plaques, le terrain alpin est parcouru par de nombreux géologues qui se confrontent souvent à des problèmes géologique localisés. Leurs travaux à l'échelle régionale est souvent descriptifs et ont l'avantage de clarifier une organisation spatiale souvent complexe.

A l'image de Suess, qui a d'abord beaucoup étudié les fossiles avant de se lancer dans la géologie structurale, la géologie s'est en premier lieu surtout préoccupé des phénomènes « de surface », ce qu'aujourd'hui nous appellerions la « géologie externe » (sédimentation, érosion, fossiles, glaciations ...). Néanmoins il est indéniable que ces explorations de terrain ont été fondamentales pour la mise en place de la théorie globale actuelle. Debelmas qui nous dit que les Alpes n'ont pas été le lieu de naissance de la théorie de la tectonique de plaques mais il faut reconnaitre l'apport fondamentale de ces recherches de terrain, antérieures à cette nouvelle approche plus globale, mais qui ont nourri la tectonique des plaques avec des nombreux travaux descriptifs de terrain faits par des géologues alpins. Parmi ceux-la, il faut citer notamment le genevois Emile Argand, dont les travaux ont été grandement utilisés par Wegener. Argand est un spécialiste des Alpes et des chaines alpines ; son ouvrage « *Tectonique de l'Asie* » développe l'idée que les chaines de montagnes qui vont des Alpes à l'Himalaya sont issues d'un mouvement de dérive du continent Gondwana sur l'Eurasie. Cette vision du déplacement des continents conduit Argand à proposer le terme de « *mobilisme* » pour désigner « *les idées nouvelles qui font une place importante aux déplacements latéraux en vue d'expliquer les grandes nappes de charriage* » (Gohau, 1987, p. 221).

Quoi qu'il en soit, il nous importe ici de montrer comment la géologie alpine s'intègre dans ce nouveau cadre théorique global, correspondant à un nouveau paradigme de la géologie. Nous verrons donc dans cette annexe, quelles sont les concepts scientifiques fondamentaux de la théorie de la tectonique des plaques, en en retraçant rapidement l'historique depuis Wegener. Puis nous présenterons comment s'articule *le travail de terrain du géologue* avec l'approche globale que représente la théorie de la tectonique des plaques.

La théorie de la tectonique des plaques est pour le géologue un ensemble de concepts scientifiques unificateurs qui permettent d'expliquer les processus géologiques à l'œuvre sur notre planète. Mais c'est également un cadre dans lequel se mettent en place des *successions d'événements*, à l'origine d'une histoire géologique, qui ne se laisse pas aisément racontée. Si nos travaux de recherche veulent en partie montrer que l'approche fonctionnaliste, qui nourrit une grande part de la théorie de la tectonique des plaques, est mobilisée de façon excessive et parfois maladroite, il n'en demeure pas moins qu'elle est indispensable à la reconstitution d'une histoire géologique. Nous allons jusqu'à dire qu'une histoire géologique ne peut exister qu'avec un appui sur la théorie de la tectonique des plaques. Cependant, le recours à une approche historique, c'est à dire la construction de problèmes dans le cadre

d'une géologie qui mobilise les temps linéaires, n'est possible que si le géologue *s'affranchit en partie de ses modèles cycliques* (modèles géologiques fonctionnalistes desquels les temps linéaires sont écartés) et engage alors une narration (Gould, 1990 ; Gohau, 2003). Mais avant de comprendre comment cette narration est possible dans le cadre de la tectonique des plaques, voyons les éléments qui fondent cette théorie.

Wegener

Alfred Wegener (1880-1930) est un climatologue allemand, à l'origine de la théorie de la dérive des continents. On lui attribut souvent le statut de précurseur de la tectonique des plaques, mais c'est ignorer tous les travaux de ses prédécesseurs (Bacon, Placet, Snider, Taylor, Baker) qui n'ont que très peu été exploités et sont passés plus ou moins inaperçus (Pomerol et Renard, 1995). Il n'en reste pas moins que Wegener met en œuvre une *« approche généraliste, qui va l'amener à aller puiser des arguments dans de multiples disciplines, très éloignées de sa spécialité, n'est pas courante à son époque (ni forcément à la nôtre !). Elle est remarquable et constitue un des aspects les plus novateurs de sa démarche* » (Deparis et Thomas, 2011) [1].

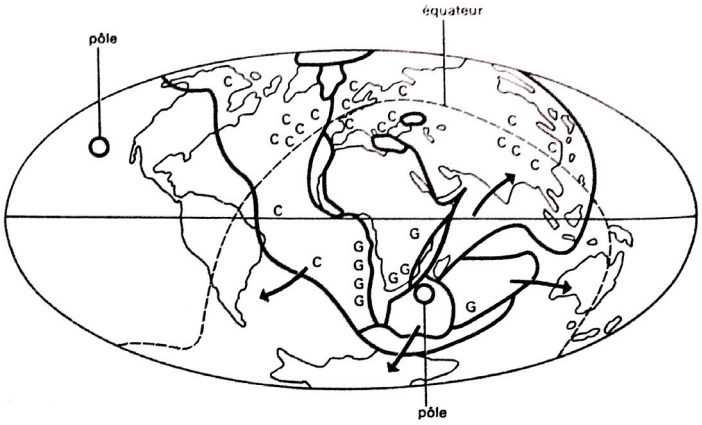
En 1912, il présente ses travaux devant l'association des géographes allemands (Wegener, 1912): ces travaux remettent en cause le modèle dit « contractif » selon lequel les forces de compression à l'origine des plissements de la surface de la Terre sont dûs à une contraction de la planète sous l'effet de son refroidissement. Wegener propose d'expliquer les reliefs à la surface de la Terre par des processus de fragmentation des continents supposant des mouvements horizontaux. Ainsi, les continents (SIAL) sont supposés « dériver » sur le fond des océans (SIMA). Il propose notamment de reconstituer la position relative des continents par juxtaposition des côtes ayant des formes « complémentaires » (Wegener, 1924) et en montrant la conformité dans la répartition des bassins houillers et des sédiments glaciaires (Fig .1 page suivante).

Mais l'impossibilité pour Wegener de prouver l'existence des forces à l'origine de ces mouvements horizontaux constitue « *le point faible de sa théorie* » (Pomerol et Renard, 1995, p. 135).

Les arguments qu'il avance sont pourtant d'une grande pertinence, mais semblent inefficaces pour « chambouler » les conceptions « fixistes » qui s'imposent jusque dans les années 60. Deux exemples de ces arguments représentent à la fois cette pertinence (emboitements des continents –Fig .2 page 541– et continuité des structures géologiques –Fig .3 page 542–) et également les difficultés de concevoir

1. Site web : http://planet-terre.ens-lyon.fr/article/derive-continents-wegener.xml ; consulté en septembre 2018

FIGURE .1 – Le monde à la fin de l'ère primaire (d'après Wegener 1915)



les objets géologiques « continents » autrement que dans leurs limites géographiques (à l'inverse des conceptions actuelles qui mobilisent des représentations à l'échelle des plaques lithosphériques).

C'est la physique, qui avait pourtant amené le plus de contre-arguments à la théorie wegenerienne, qui va permettre de redécouvrir la théorie de la dérive des continents.

L'expansion océanique

Les travaux de Holmes (1931) sont décisifs dans l'évolution de la théorie de la dérive des continents car ils mettent en évidence un phénomène géologique majeur, qui va fortement occuper les géologues jusqu'à nos jours : les *mouvements de convection* dans le manteau terrestre.

Les campagnes de prospection et de cartographie des fonds océaniques mise en œuvre durant la seconde guerre mondiale ont permis de mettre en évidence une chaine de montagnes sur le fond des océans et qui sera décrite comme formant une « dorsale ». Cette chaine de montagne sous-marine, qui parcourt 65000 km devient alors le point focal des recherches en tectonique.

Hess, en 1962, reprend le modèle de Holmes (1931) et propose un modèle théorique du « tapis roulant » comme moteur à la mobilité des continents (Hess, 1962). C'est le premier modèle d'expansion océanique. Il apporte, malgré la prudence de son auteur, des éclairages fondamentaux sur le fonctionnement des fonds océaniques (Hess, 1962): production de matériel océanique au niveau de la dorsale et résorption au niveau des fosses (Fig .4 page 542 et .5 page 543).

Vine et Mattews ont supposé en 1963 que les anomalies de l'intensité magnétique

FIGURE .2 – Argument « emboitements des continents » (d'après Dercourt et Paquet, 1994)

Cette reconstitution montre l'emboitement, à la côte -900m de profondeur environ, des talus continentaux. Les erreurs d'une telle juxtaposition sont représentées en noir.

FIGURE .3 – Arguments « Continuité des structures géologiques » (d'après Pomerol et Renard, 1995)

FIGURE .4 – Harry Hammond Hess (1906-1969)

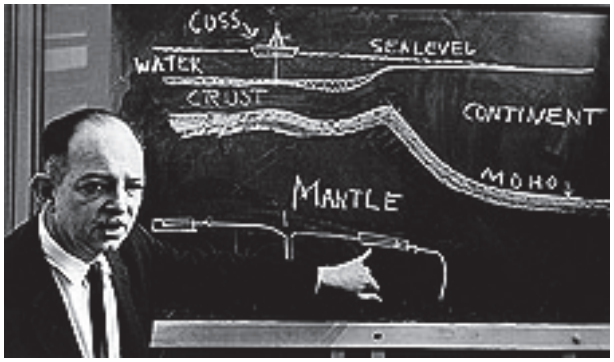


FIGURE .5 – L'hypothèse de Hess (1962)(d'après Hess, 1962)

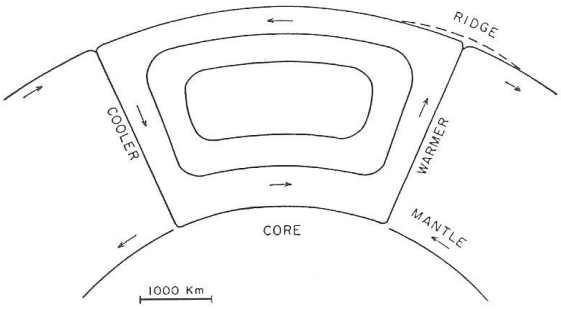


Figure 8. Possible geometry of a mantle convection cell

« enregistrée [2] » par les roches magmatiques du plancher océanique, connues depuis longtemps comme corrélées avec des inversions de pôle magnétique (Brunhes, 1906) ne se répartissent au hasard sur les fonds océaniques. Ils mettent en effet en évidence que ces anomalies magnétiques forment des bandes parallèles et organisées en successions symétriques de part et d'autre de la dorsale. Ainsi, l'analyse des basaltes émis au niveau de la dorsale, qui sont de véritables enregistrements du champs magnétique régnant au moment de leur émission, a conduit les auteurs à suggérer un processus d'*écartement symétrique* du matériel basaltique produit au niveau de la dorsale (voir fig .6 page suivante et .7 page suivante). C'est l'*expansion océanique* telle qu'elle avait été pressentie par Hess (1962)et Holmes (1931) avant lui : mise en place de la croûte océanique puis écartement de celle-ci. Ces nouvelles conceptions de « blocs lithosphériques », qui constituent des plaques en mouvements sont venues étayer ces hypothèses et ont conduit à l'avènement d'une « *Nouvelle tectonique globale* » (Isacks *et al.*, 1968)(Fig .8 page 545).

La carte des fonds océaniques a été complété par de nombreuses études complémentaires qui viennent confirmer l'hypothèse de Vine et Mattews. Ainsi, l'âge croissant des couches de sédiments de part et d'autres de l'axe de la dorsale confirment l'idée d'une expansion des fonds marins.

Les travaux en sismologie ont enfin apporté des arguments décisifs à ces hypothèses déjà fort solides : le découpage selon la position géographique des séismes (Morgan, 1968 ; Le Pichon, 1968), en plaques contiguës à la surface de la terre constitue probablement le dernier éléments fondateur de la théorie de la tectonique des plaques (Figures .9 page 546 et .10 page 546). Dorénavant, au lieu de se focaliser sur le contraste SIAL-SIMA (nous pourrions dire océans-continents), les géologues

2. Les mesures sont faites par des magnétomètres. Le signal enregistré vient du champ magnétique global de la Terre, auquel s'ajoute le champ magnétique fossile préservé dans les roches magmatiques.

FIGURE .6 – Enregistrement des anomalies magnétiques au niveau de la dorsale pacifique (Vine et Matthews, 1963)

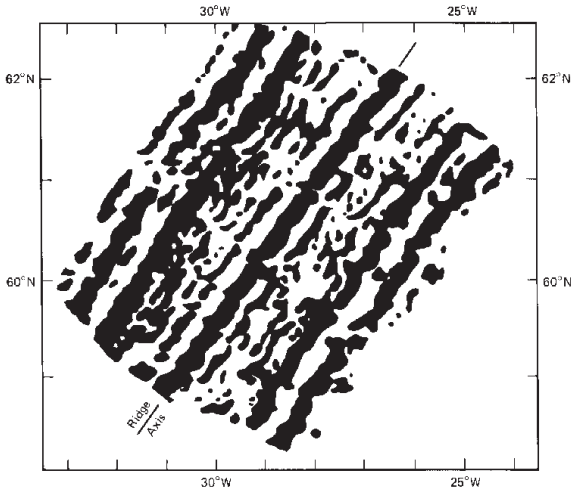


FIGURE .7 – Carte géologique du fond des océans. (Carte établie à l'aide des anomalies magnétiques et de l'échelle absolue établie par le Lamont). (d'après Allègre, 1983)

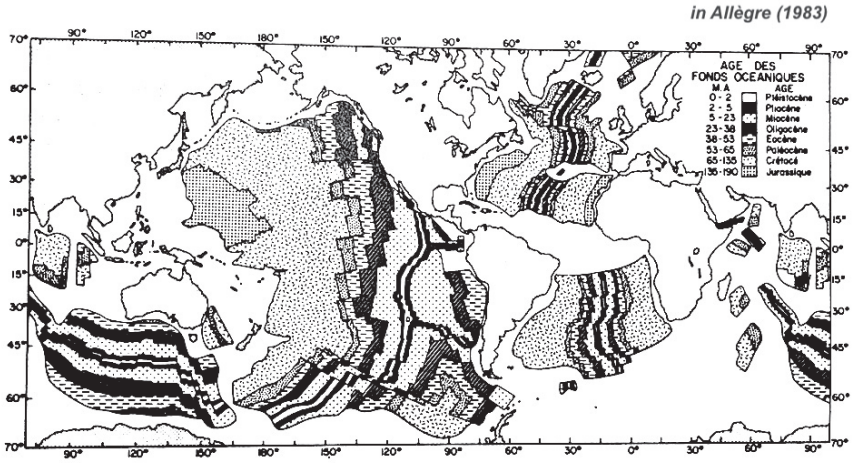


FIGURE .8 – La Nouvelle Tectonique Globale (d'après Isacks *et al.*, 1968)

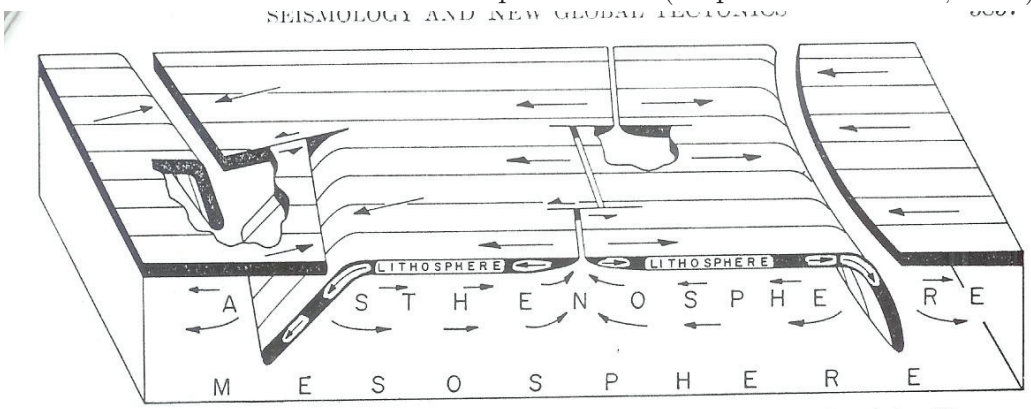


Fig. 1. Block diagram illustrating schematically the configurations and roles of the lithosphere, asthenosphere, and mesosphere in a version of the new global tectonics in which the lithosphere, a layer of strength, plays a key role. Arrows on lithosphere indicate relative movements of adjoining blocks. Arrows in asthenosphere represent possible compensating flow in response to downward movement of segments of lithosphere. One arc-to-arc transform fault appears at left between oppositely facing zones of convergence (island arcs), two ridge-to-ridge transform faults along ocean ridge at center, simple arc structure at right.

sont amenés à construire leurs concepts autour de nouveaux objets géologiques : les *plaques lithosphériques*.

La théorie de la tectonique des plaques : un modèle unificateur

La théorie de la tectonique des plaques telle qu'elle a été développée par ses auteurs les plus reconnus ((McKenzie, 1967a,b ; Le Pichon, 1968 ; Morgan, 1968) s'articule autour de quatre propositions :

1. La surface de la terre est constituée d'une part d'une « écorce » rigide (peu ou pas déformable), d'une centaine de km d'épaisseur environ, la *lithosphère*, et d'une enveloppe sous-jacente déformable (ductile), *l'asthénosphère*.
2. La lithosphère est découpée en plusieurs plaques, les *plaques lithosphériques*, dont les frontières sont définies par les lignes de séismes (Fig .9 page suivante et .10 page suivante).
3. Les plaques lithosphériques sont formées au niveau des *zones d'accrétion* (partie centrale des dorsales océaniques) et disparaissent au niveau des *zones de subduction* (plan de Benioff).
4. Les plaques lithosphériques sont animées de mouvements qui ont comme origine les *mouvements de convection* dans le manteau terrestre. L'énergie

FIGURE .9 – Les « plaques » de Morgan (1968)

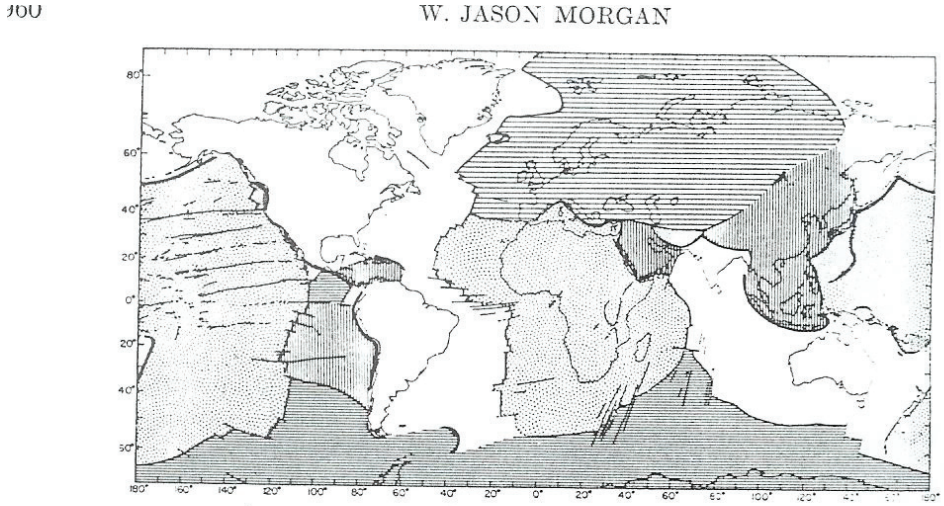


Fig. 1. The crust is divided into units that move as rigid blocks. The boundaries between blocks are rises, trenches (or young fold mountains), and faults. The boundaries drawn in Asia are tentative, and additional sub-blocks may be required. (Figure is based on *Sykes's* [1968*b*] map of the ridge system with additional features from *Heezen and Tharp's* [1965] tectonic map.)

FIGURE .10 – Les six plaques de Le Pichon (1968)

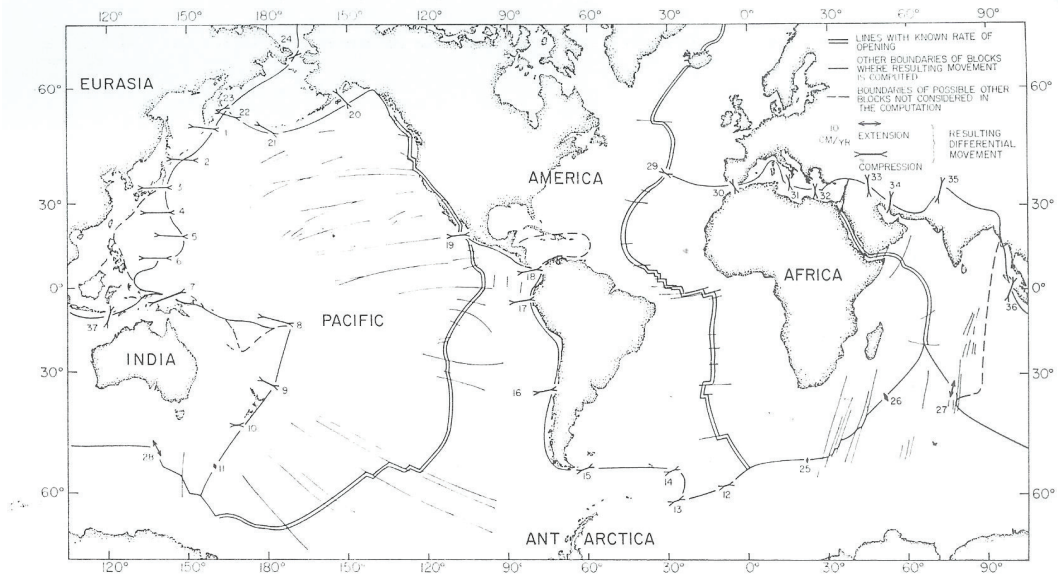


Fig. 6. The locations of the boundaries of the six blocks used in the computations. The numbers next to the vectors of differential movement refer to Table 5. Note that the boundaries where the rate of shortening or slippage exceeds about 2 cm/yr account for most of the world earthquake activity.

nécessaire à ces mouvements est d'origine thermique.

Cette théorie se caractérise également par son rôle unificateur des travaux de géologie : elle rassemble les domaines disciplinaires, les travaux de géologie produits aux quatre coins de la planètes, pour en faire une synthèse théorique forte. Ainsi, la diversité des disciplines (depuis la géophysique jusqu'à la géologie de terrain), ainsi que la diversité des régions étudiées, des échelles utilisées, et des niveaux de technologies employées, constituent le socle d'une vaste synthèse qui donne sa valeur de *globalité* à cette théorie. En termes simples, la tectonique des plaques s'applique au monde, à toutes les échelles.

L'élément caractéristique de la théorie de la tectonique des plaques est sa dimension globale. Les modèles théoriques proposés à partir des années 60 mettent à l'épreuve la terre dans sa globalité grâce à de nouvelles technologies qui révolutionnent l'accès au objet géologiques. C'est l'essor des géosciences, qui joue un rôle fondamental dans l'émergence de la théorie de la tectonique des plaques.

Critères

Tableau des critères utilisés dans transana

Critères	Caractéristiques
Activité	Type d'activité discursive engagée par le médiateur
Actualisme	Types d'actualisme mi en œuvre par le médiateur
Analogies	Formes d'analogie utilisées
Causalités	Les formes de causalités utilisées par le médiateur
Communication	Permet de détecter les modes de communication implicites
Contraintes et nécessités	Les contraintes et nécessités du modèle schématique de problématisation
Contrat de communication	Les éléments du contrat tacite passés entre le médiateur et son public
Index	Repérage des unités narratives dans le discours (contrainte logiciel)
Intra-temporalité	Insertion d'un phénomène dans les temps humains
Fiction	Repérage de mise n œuvre de la fiction dans le discours
MÉTA	Les formes de postures méta repérables dans le discours
Mimesis fictionnelle	Les formes d'imitation mises en œuvre grâce à la fiction
Mise en intrigue	Modalités de mise en intrigue
Niveaux de récits emboités	Niveaux d'emboitement des récits (3 niveaux, avec des sous-niveaux)
OBSTACLES	Repérage des obstacles (référencés en cadre théorique) associés aux propos du médiateur
Organisation spatio-temporelle	Modalité de prise en charge de l'organisation des objets géologiques dans leur cadre spatio-temporel.
Patern VS Process	Type de concept engagé dans les explications
Posture du médiateur	Postures que prend le médiateur dans son discours
Problématisation	Type de problématisation mise en œuvre
Progression RC Rec-Cad	Caractérisation des thèmes des récits cadre dans l'intervention Fournel-RC
Progression RC Rec-Enc	Caractérisation des thèmes des récits encadrés dans l'intervention Fournel-RC
Progression TG Rec-Cad	Caractérisation des thèmes des récits cadre dans l'intervention Dibona-TG
Progression TG Rec-Enc	Caractérisation des thèmes des récits encadrés dans l'intervention Dibona-TG
Raisonnements	Types de raisonnement mobilisés par le médiateur
Récit	Critères de repérage du récit dans le discours du médiateur
Référentiel fictionnel	Repérage des liens entre l'actuel et la fiction
Registres	Registres utilisés en référence au modèle de problématisation
Rembobinages	Modalités de retour en arrière (analepses) repérable dans le discours
Rupture	Repérage d'une rupture comme indicateur de récit
Temps qualitatif	Les formes de temps qualitatif utilisés
Temps quantitatif	Les formes de temps quantitatif utilisés
Tenseurs narratifs	Types de tenseurs narratifs rencontrés dans le discours
Thèmes Géologiques	Thèmes géologiques abordés par le médiateur

Les différents indicateurs classés par critères

Indicateurs « analyse didactique »

Critères	Codage et Caractérisation des Indicateurs
Activité	**Desc**
	Description : C'est l'activité descriptive. Il y a verbalisation de l'observation dans le but de partager avec les autres ce qui est perçu dans le monde réel.
	Exp
	Explication : activité explicative. Il s'agit ici d'une volonté déloibérée de faire comprendre quelque chose à quelqu'un. Il y a mobilisation d'un registre explicatif calirement identifiable.
	Nar
	Narration : le médiateur raconte une histoire. L'activité consiste donc à relater ce qui s'est produit ; il y a une action principale, avec des acteurs, engagés dans une intrigue.
	Obs
	Observation : il y a observation au sens de l'actvité de perception. les yeux sont les organes sensoriels utlisés. L'observation peut être principalement implicite car dès qu'elle est explicitée, elle peut être considérée comme une description.
	PBion
	Problématisation indifférenciée : il y a problématisation quand il y a mise en tension. Elle peut aussi apparaitres ous la forme d'un questionnement explicite, avec phrase interrogative. Il peut aussi y avoir explicitation du problème en tant que tel. Nous considérons également la phrase "il y a un problème" comme une forme d'explicitation du problème.
	Ret
	Forme de retour en arrière afin de recherche l'origine d'un fait. Cet indicateur est à prendre au sens large : il concerne toute forme de retour en arrière, quelque soit le procédé suivi.
Actualisme	**Act**
	Actualisme dans sa forme rudimentaire. Il n'y a pas d'analogie évidente. Les temps longs ne sont pas mobilisés. Il est à assimiler aux formes simples et/ou naïves. C'est un actualisme qui s'appuie sur le principe de sens commun que tout objet ou phénomène trouve son origine dans son passé. C'est un forme de réalisme ontologique.
	Act-Ana
	Actualisme d'analogie. Tout type d'analogie / comparaison / métaphore est ici considéré comme actualisme. Il y a analogie objet/phénomène entre le présent et le passé. La variable temps est inactive dans ce contexte.
	Act-TL
	Actualisme de temps longs constructeur de phénomène. Cet actualisme est utilisé s'il y a, explicitement ou non, mention des temps longs, ou de l'impossibilité, explicitée ou on, de faire une analogie immédiate.
Analogies	**Anal-Exp**
	Modèle expérimental analogique : l'analogie se fait sur la base d'une expérience qui met en évidence le phénomène. Cet indicateur met donc en évidence une analogie de nature scientifique. L'expérience peut être réelle ou sous forme d'expérience de pensée.
	Anim
	Animisation Mise en relation d'un comparé inanimé avec un comparant animé, vivant. La fonction prinicpale d'une telle analogie est de produire du dynamique à partir du statique. Un tel indicateur renvoie donc au mouvement et à l'action.
	Comp
	Comparaison C'est une forme d'analogie utilisant un terme de comparaison tel que : tel, même, pareil, semblables,etc.
	Meton

	Métonymies. Il y a comparaison, mais elle ne se fait que sur une des particularités de l'objet, notamment dans le cas de la métonymie vraie, sur une fonction. L'exemple type est "la voile" (pour dire le bateau), boire un verre (pour dire boire son contenu).
	Mtph
	Métaphore Analogie par métaphorisation et qui n'utilise pas de connecteurs.
	Personf
	Personnification Mise en relation d'un comparé inanimé avec un comparant humain, ou un être vivant à qui l'on prête des caractères humains. Cet indicateur permet de différencier les analogies animisées et celles qui mobilisent des formes humaines.
Causalités	**Ant**
	Antériorité Principe de causalité selon lequel un événement en précède un autre et peuvent être ainsi unis par un lien de nécessité. (ce lien de nécessité n'étant pas lui-même nécessaire).
	Caus
	Prinicpe de causalité au sens strict. Ce principe traduit la mise en œuvre d'un principe selon lequel les causes précèdent les effets. Les causes considérées ici sont de nature physico-chimique. Elles ne sont donc pas complexes.
	Caus-Geol
	Causalité complexe de la géologie. Elle se distingue de la causalité physico-chimique par le petit nombre de variables prises en compte.
	Caus-Temp
	Antériorité +nécessité : il y a conjonction de l'antériorité et de la nécessité, qui colpose alors une "causalité temporelle". C'est une forme de causalité qui tient compte de la temporalité. Il y a antériorité quand la causalité embarque le temps. MAIS on ne considère pas ici le cas d'une temporalité qui se substitue à la causalité. Ce cas est une autre formes, considérée comme naïve (syncrétisme temps et cause).
	RLC
	Raisonnement Linéaire Causal : forme de raisonnement naïf qui utlise le temps pour la cause. C'est une forme de syncrétisme Temps/Cause.
Communication	**EXP**
	Explicite : mode de communication dans lequel les éléments du discours sont explicités. Il n'y a pas de sous-entendu ni de rétention apparente du discours.
	IMP
	Implicite : le discours est plus ou moins retenu, voire réticent. Il n'y a pas d'explicitation des éléments du propos.
Contraintes et nécessités	**CONT**
	Contraintes agissant sur le registre empirique.
	NEC-Fonct
	Nécessité fonctionnaliste : nécessité du registre théorique, intervenant dans l'explication d'un phénomène. Cette nécessité est de nature mécaniste, au sens où c'est l'un des éléments du processus qui s'impose comme nécessaire au fonctionnement. La nécessité fonctionnaliste, comme toutes les conditions de possiblité appartiennent par défintion au registre théorique.
	NEC-Hist
	Nécessité historique = événement condition de possiblité. Il y a nécessité historique quand la condition d'antériorité est un condition sine qua non. La nécessité historique est directement liée à l'antériorité.
	MDidac
	Méta-didactique : le médiateur précise les enjeux didactiques associés à ce qu'il présente. Cette posture méta correspond à une postrure d'enseignant qui montre qu'il se soucie des enjeux de savoirs.
	MDisc

MÉTA	Méta-discours : le médiateur explique comment il conçoit son discours. La posture qui découle d'un tel indicateur est à rapprocher de celle du médiateur qui explicite le soin qu'il prend pour construire son discours.
	MRec
	Méta Récit : le médiateur explique comment il s'y prend pour construire son récit. La posture obtenu est celle du narrateur qu dit comment il raconte, ou comment il reconstitue le récit.
OBSTACLES	**Catas**
	Obstacle catastrophisme : Ce mode de pensée prète aux événements du passé des intensité démesurées. C'est la pensée événementielle, qui se focalise sur l'évenement considéré comme un élément du réel perçu et qui constitue les faits. C'est la pensée qui adaptent la puissance des processus à l'énergie immédiate pour les faire se produire : c'est une négation des temps longs des processus.
	Caus Mot
	Obstacle cause motivée : confusion entre la causalité et le motif. L'action est réalisée sous la dépendance d'un motif (donc anthropique) et non d'une cause. La cause est par défintioin non dirigée. Le motif lui est dirigé vers un but précis.
	Chronot
	Obstacle chronotrope : c'est l'obstacle de la petite histoire ad hoc qui mobilise une causalité temprelle naïve. Les événements s'enchainent selon une chronologie non-questionnée.
	Cont
	Obstacle continuité historique : forme d'obstacle typique de la reconstitution historique. Les événements sont imagniés dans leur contiguité : ils s'enchaine sans intérruption. Cet obstacle correspond à une visioin naïve selon laquelle l'histoire est pré-écrite et doit être recomposée en peuplant le cours du temps par des événements enchainés.
	Exp-Prem
	Obstacle expérience première. Obstacle bachelardien selon lequel la connassance pré-existente fait obstacle à la connaissance scientifique en formation. L'expérience première se nourrit de l'opinion et pousse à toujours retomber dans le déjà-vu et le connu.
	Fin
	Obstacle finalisme : pensée selon laquelle les événements sont dirigés vers un but précis. Il correspond à l'usage du mot "pour" qui désigne à la fois une finalité et une destinée pragmatique.
	Liq
	Obstacle LIQUIDE : obstacle fonctionnaliste selon lequel seuls les liquides sont déformables et coulent. Il y a mobilisation excessive des liquides pour exliquer des déformatioins sur des solides. Il correspond à la difficulté de penser les déformations des solides (ductilité, fluage).
	Obst-FB
	Obstacle FlashBack : c'est une forme d'analepse qui fait obstacle en tant que remontée non-questionnée à l'origine d'un fait. C'est un obstacle dans la mesure où la remontée dans le temps est systématisée et ne s'appuie pas sur une raison.
	Prim Percep
	Obstacle primat de la perception : l'idée que l'activité perceptive permet d'appréhender le réel scientifique. Cette idée, et sa mise en œuvre font obstacle dans la mesure où l'univers théorique est considéré comme accessoire ou secondaire. Cet obstacle se nourrit des postures réaliste, empiriste et positiviste dénoncées par Bachelard.
	Temps Causal
	Obstacle à rapporcher du RLC (voire cet autre indicateur). Le temps est considéré comme une cause. C'est une forme de temps magique qui, s'il dure, produit des effets. C'est un temps sans phénomène (ou bien un temps qui se substitue aux phénomènes).
Organisation spatio-	**Org-Spat**
	Organisation spatiale des objets géologiques. Il est fait mention du terrain, ou d'une zone délimitée dans lesquels sont analysés les objets géologiques;

spatio-temporelle	**Org-Temp**
	Organisation temporelle des objets géologiques. Il est fait mention du temps, ou d'une période/époque délimitée aux cours desquels sont analysés les objets géologiques;
Patern VS Process	**Pat**
	Pattern : L'explication porte sur la structure. Il correspond à l'objet de l'explication historique. Les sciences historiques sont des sciences des structures (pattern). Par défintioin ce sont les événements qui sont à l'origin des structures visibles dans le monde réel.
	Proc
	Process : l'explication porte sur le processus. Le process est l'objet de l'explcation des sciences fonctionnalistes. Les sciences fonctionnalistes sont des sciences des processus (process). On décrit les processus en général par des phénomènes.
Problématisation	**PB-Fonct**
	Problématisation Fonctionnaliste : forme de problémtaisation dans laquelle il y a mise en tension des regsitres emprique et théorique autour d'un processus qui ne mobilise pas le temps comme variable mise en tension.
	PBHist
	Problématisation Historique : forme de problématisation dans laquelle la variable temps est mise en tension. Il y a nottament l'antériorité qui est mobilisée au sein des nécessités fonctionnalistes.
Raisonnements	**Abd**
	Abduction Démarche abductive : c'est ne forme de démarche qui part du résultat, formule une règle et vérifie le cas. La cohérence constitue alors une preuve relative de validité. Modalités de repérage de l'abduction : on part du résultat.
	HD
	Raisonnement hypothético-déductif. C'est le raisonnement par déduction qui, partant d'une règle, anticipe le résultat à obtenir par soumission à la règle. Il y a donc centration sur l'anticipation du résultat. Modalités de repérage de la déduction : on part de la règle.
	Ind
	Induction Démarche inductive mode de raisonnement qui, à partir d'un cas, procède à une généralisation à l'ensemble des cas et donc détermine une règle générale, mais de validité incertaine. Modalités de repérage : on part du cas et on généralise.
Registres	**RE**
	Registre Empirique : ensemble des objets et phénomènes du monde.
	REX
	Registre Explicatif : cadre mental sur lequel s'appuie l'explication pour donner du sens.
	RM
	Registre Théorique ou registre du modèle : ensemble des constructions virtuelles qui permettent la production de modèles explicatifs.
	FlshB
	Flashback : retour en arrière simple. Pas de recherche de nécessité. Ce type d'analepse est caractérisé par le fait qu'il y a reprise du cours du temps et lecture de l'hitoire dans le sens chronologique.
	pseudo-retD
	C'est une fausse rétrodiction : il y a un saut en arrière comme dans le FlashB mais la lecture se fait dans le sens chronologique. Il y a une forme de tension narrative associée : elle se crée entre le passé et le présent, mais dans une linéarité chronologique. C'est une forme de retrospection évoluée qui cherche des nécessité"dans le mauvais sens" ! Il faut la rattacher à de la problématisation fonctionnaliste. pseudo-RetD = retour en arrière + lecture des nécessités dans le sens chronlogique.

Rembobinages	**retD**
	Rétrodiction : Lecture anti-chronologique de l'histoire. Cette rétrdiction correspond à une mise en tension des événements entre eux aevc focalisation sur l'antériorité. Un événements antérieur à un autre et qui lui est nécessaire constitue un événements condirtion de possiblité. Il y a recherche des nécessités des événements, par opposition aux autres formes d'analepses dans lesquelles ce retour en arrière se fait sans recherche des nécessités.
	retL
	Rétrolecture : la lecture se fait dans le sens antchronologique. C'est une sorte de lecture/rembobinage qui fait jouer les mécanismes dans le sens inverse. Les particularités de cette rétrolecture sont : antichronologie, continuité, contiguité, absence de nécessité/antériorité.
	retS
	Rétrospection Saut vers le passé. Le saut se fait depuis un instant présent, pris comme référence, vers un instant passé, que l'on explore. Il y a exploration du passé comme on explorerait le présent sans faire intervenir le temps. Une fois le saut réalisé, il n'y a plus de temps dans l'exploration. Aucun temps linéaire n'émerge d'un tel retour en arrière. C'est une forme d'actualisme figé dans l'instant.
Temps qualitatif	**TpsCyc**
	Temps cyclique Temps des phénomènes cycliques. Ils se caractérisent par la répétabilité des phénomènes.
	TpsLin
	Temps linéaire / sagittal Flèche du temps, temps directionnel, temps de l'histoire. Les faits qui se produisent sont à considérer comme des événements et non comme des phénomènes. Chaque événements est unique, nécessaire et contingent. Chaque événement impose à l'histoire une direction
Temps quantitatif	**tpsC**
	Temps courts Temps humains Temps historiques
	tpsL
	Temps longs géologiques
Typologie des faits géologiques	**Evénements**
	Les faits géologiques sont des événements : ils sont inscrits dans le temps et l'espace. Ils sont uniques, irréversibles, imprédictibles et irrémédiables.
	Phénomènes
	Les faits géologiques sont inscrits dans un temps cyclique ; ils sont prédictibles, reproductibles, et génériques.
Typologie des temps	**Tps-Dur**
	Temps "épais" Durée C'est la durée qui est prise en compte dans cette considération sur le temps.
	Tps-Inst
	Temps instantané C'est l'instant qui est pris en compte dasn cette considération sur le temps.

Indicateurs « fiction »

Critères	Codage et Caractérisation des Indicateurs
Fiction	Cont-Fict
	Mise en œuvre d'un contrat de fiction, tacite ou non, engageant une feintise ludique partagée.
	Mond-Pos
	Le médiateur envisage un monde alternatif, construit sur une logique modale.
Mimesis fictionnelle	Mim-Phen
	Mimesis fictionnelle de type phénoménologique par observation. Il y a imitation de surface. C'est. La mimesis du « faire pareil ». Pas de questionnement sur l'organisation structurale de l'objet/phénomène imité.
	Mim-Struct-Hier
	Mimesis fictionnelle par structuration hiérarchique.Il y a imitation avec intégration d'un schéma de coordination motrice. C'est une imitation contraintes par la signification relative de chaque mimème.
	Mod-Nom
	Modélisation nomologique. Type de modélisation abstraite dans laquelle il y a mise en fonctionnement de loi et/ou règles qui gouverne le phénomène.
	Mod-Mim
	Modélisation mimétique. C'est le type de modélisation par simulation analogique.
Référentiel fictionnel	Cont-Fact
	Contre-factualité. Les faits mobilisés par le médiateur sont contraires à ceux du monde empiriquement accessibles dans l'actuel.
	Cont-Sim-Rel-Diss
	Contrôle de la similarité relative disséminée. Le médiateur met en œuvre un procédé de contrôle de l'écart disséminé dans de nombreuses différences, entre le monde fictionnel mobilisé et le monde actuel.
	Cont-Sim-Rel-Conc
	Contrôle de la similarité relative concentrée. Le médiateur met en œuvre un procédé de contrôle de l'écart concentré sur quelques différences, entre le monde fictionnel mobilisé et le monde actuel.

Indicateurs « index » d'organisation des discours

Contraintes logiciels d'organisation des unités du discours

Critères	Codage et Caractérisation des Indicateurs
Index RC	**0-Index RC**
	RC-Fournel
	1-Intro
	Arrêt A1 : Introduction de la sortie géologique Fournel RC
	2-Pays
	Arrêt A2 : présentation du paysage du vallon du Fournel. Analyse des structures géologiques repérables.
	3-Granite
	Arrêt A3 : affleurement de granite et de gneiss. Analyse de la roche.
	4-Num1
	Arrêt A4 : affleurement du "gros banc calcaire". ANalyse de la roche et des fossiles de numulites qu'elle contient.
	5-Num2
	Arrêt A5 : gros banc calcaire ; interpréttion des informations fournies par les nummulites.
	6-BC
	Arrêt A6 : Bas de la cascade. Analyse des marnes/schistes à Globigérines.
	7-HC
	Arrêt A7 : les défomations dans les marnes à Globigérines.
	8-Fin
	Arrêt A8 : analyse des plis dsn les grès /flysch du Champsaur. Puis conclusion finale de la sortie.
	Index TG
	TG-Dibona
	A. Intro
	Introduction de l'intervention
	B. Granite
	Description du granite de la Dibona et analyse de sa prétologie.
	C. Magma granitique
	Formation du magma granitique de la Dibona.
	D. Radio-chrono Granite
	Déermintaion de 'âge du granite par radio-chronologie.
	E. Orogenèse Hercynienne
	Formation de la chaine hercynienne.
	F. Erosion hercynienne

Index TG	Érosion de la chaine hercynienne.
	G. Fusion racines Hercyniennes
	Fusion des racines des montagnes hercyniennes et production de magma granitique
	H. Fract Pangée 1
	Fractionnement de la Pangée. Première partie : formation de la Téthys.
	I. Fract Pangée 2
	Fractionnement de la Pangée. Deuxième partie. Ouverturre atlantique Nord.
	J. Fermeture océan alpin
	Fermeture de l'océan alpin et orogenèse alpine.
	K. Erosion alpes
	Érosion de la chaine alpine
	L. Bilan desc 1
	Bilan des descriptions 1ere partie.
	M. Bilan desc 2
	Bilan des descriptions 2eme partie.
Niveaux de récits emboités	**Mic-Rec**
	Micro-récit : Forme de récit encadré ayant une certaine autonomie vis-à-vis des autres récits. Comme tous récits encadrés, il est inclu dans un récit cadre ; mais le micro-récit reste autonome : il n'a pas de lien direct avec les autres récits. Il n'est donc pas fondamental pour le récit en construction.
	Rec-Cad
	Récit cadre : il englobe les autres récits et se caractérise par son intrigue propre, différente de celle des récits qui le constituent.C'est la grande histoire qui sert de toile de fond aux récits encadrés. Le récit cadre a le statut de cadre nomologique, au sein duquel des lois ou règles strictes s'appliquent.
	Rec-Enc 1
	Récits encadrés de premier niveau : récit inclus dans le récit cadre. Ce niveau de récit encadré se caractérise par son intrigue propre, mais assez générale, ses personnages, son action. Comme tout les récits encadrés, ils sont sous la dépendance des lois définies par le récit cadre.
	Rec-Enc 2
	Récits encadrés de deuxième niveau : récit inclus dans un récit encadré, mais qui ne correspond pas à un récit cadre (ce n'est pas lui qui définit le cadre légal de production du récit encadré 2). Ce niveau de récit encadré se caractérise par son intrigue propre, ses personnages, son action. Ce niveau de récit encadré caractérise l'unité narrative du récit. C'est à ce niveau que se produit l'action prise comme référence. Comme tout les récits encadrés, ils sont sous la dépendance des lois définies par le récit cadre.
Progression RC Rec-Cad	**Rec-Cad Geol Fournel-RC**
	Niveau d'emboitement des Récits cadre fonctionnalistes : géologie du Vallon du Fournel. Ce récit cadre définit le cadre fonctionnaliste de déroulement de l'histoire du géologique du vallon du Fournel.
	Rec-Cad tecto Alp-RC
	Niveau d'emboitement du Récit cadre tectonique des Alpes. Il correspond au cadre fonctionnaliste de la tectonique alpine. C'est -à-dire une forme de récit fonctionnaliste encadré dans le récit cadre de la tectonique des plaques.
	Rec-Cad Tecto Plaq-RC
	Niveau d'emboitement du Récit cadre tectonique des plaques. C'est le récit cadre de plus haut niveau. Il correspond à l'ensemble du cadre fonctionnaliste de la tectonique des plaques.

Progression RC Rec-Enc	**Rec-Enc Flysch**
	Récit encadré : les plis dans les grès et flyschs du Champsaur
	Rec-Enc Globi
	Récit encadré : les marnes/schistes à Globigérines
	Rec-Enc Gran
	Récit encadré Granite / Gneiss
	Rec-Enc Num
	Récit encadré : le calcaire à Nummulites
Progression TG Rec-Cad	**Rec-Cad Geol Dibona-TG**
	Niveau d'emboitement des Récits cadre fonctionnalistes : géologie du Massif de la Dibona. Ce récit cadre définit le cadre fonctionnaliste de déroulement de l'histoire du géologique du massif de la Dibona.
	Rec-Cad tecto Alp-TG
	Niveau d'emboitement du Récit cadre tectonique des Alpes. Il correspond au cadre fonctionnaliste de la tectonique alpine. C'est -à-dire une forme de récit fonctionnaliste encadré dans le récit cadre de la tectonique des plaques.
	Rec-Cad tecto plaque-TG
	Niveau d'emboitement du Récit cadre tectonique des plaques. C'est le récit cadre de plus haut niveau. Il correspond à l'ensemble du cadre fonctionnaliste de la tectonique des plaques.
Progression TG Rec-Enc	**Rec-Enc Erosion alp**
	Récit encadré de l'erosion de la chaine alpine
	Rec-Enc Erosion hercyn
	Récit encadré de l'erosion de la chaine hercynienne
	Rec-Enc Ferm océan alp
	Récit encadré de la fermeture de l'océan alpin
	Rec-Enc Magma Granite
	Récit encadré sur la formation du magma granitique
	Rec-Enc Ouv Océan alp
	Récit encadré de l'ouverture de l'océan alpin
	Rec-Enc paysage Dibona
	Récit encadré descriptif de la lecture du paysage de la chaine de la Dibona
	Rec-Enc Pétro Granite
	Récit encadré sur la pétrographie du granite
	Rec-Enc Age Granite
	Récit encadré : recherche de l'age du Granite de la Dibona
	Rec-Enc Fusion racines hercyn
	Récit encadré de la fusion des racines de la montagne hercynienne
	Rec-Enc Orog Hercyn
	Récit encadré de l'orogenèse hercynienne
	Er
	Analyse des mécanismes/traces d'érosion.
	Ferm-oc

Thèmes Géologiques	Fermeture océanique
	Géomorph
	Analyse des formes des reliefs et leur organisation
	Magm
	Analyse des phénomènes de fusion des roches en profondeur
	Métam
	Analyse des minéraux d'origine métamorphique
	Micro-tecto
	Tectonique à l'échelle de la roche, du minéral. Rhéologie.
	Minér
	Approche par l'étude des minéraux
	Ouv-oc
	Ouverture océanique
	Paléont
	Analyse des fossiles
	Pétro
	Analyse des roches
	Sédim
	Analyse des sédiments
	Strati
	Analyse de la succession des strates de roches sédimentaires
	Subd
	Subduction (ou collision : on ne fais pas de distinction ici)
	Tecto-G
	Tectonique générale à l'échelle au moins de la chaine de montagne. Tectonique des plaques explicite ou imlicite.
	Tecto-loc
	Tectonique à l'échelle du massif
	Volc
	Analyse des phénomènes volcaniques, de surface

Indicateurs « analyse du récit »

Critères	Codage et Caractérisation des Indicateurs
Mise en intrigue	MEI
	Mise en intrigue Il y a une forme de questionnement implicite sur l'action dans le récit, ce que l'on assimile au "suspens". La mise en intrigue est associée à l'incertitude initiée dans le récit. Il y a mise en intrigue dès que les faits et les idées se montrent comme dispersés, sans cohérence. La mise en intrigue est un processus lent, qui s'installe progressivement dans la narration.
	Rupt
	Rupture dans le cours des choses. C'est un processus narratif majeur qui participe à la mise en intrigue par un phénomène brutal qui se produit au sein du récit. Cette rupture renvoie directement à la peripétie d'Aristote.
Niveaux de récits emboités	Mic-Rec
	Micro-récit : Forme de récit encadré ayant une certaine autonomie vis-à-vis des autres récits. Comme tous récits encadrés, il est inclu dans un récit cadre ; mais le micro-récit reste autonome : il n'a pas de lien direct avec les autres récits. Il n'est donc pas fondamental pour le récit en construction.
	Rec-Cad
	Récit cadre : il englobe les autres récits et se caractérise par son intrigue propre, différente de celle des récits qui le constituent.C'est la grande histoire qui sert de toile de fond aux récits encadrés. Le récit cadre a le statut de cadre nomologique, au sein duquel des lois ou règles strictes s'appliquent.
	Rec-Enc-1
	Récits encadrés de premier niveau : récit inclus dans le récit cadre. Ce niveau de récit encadré se caractérise par son intrigue propre, mais assez générale, ses personnages, son action. Comme tout les récits encadrés, ils sont sous la dépendance des lois définies par le récit cadre.
	Rec-Enc-2
	Récits encadrés de deuxième niveau : récit inclus dans un récit encadré, mais qui ne correspond pas à un récit cadre (ce n'est pas lui qui définit le cadre légal de production du récit encadré 2). Ce niveau de récit encadré se caractérise par son intrigue propre, ses personnages, son action. Ce niveau de récit encadré caractérise l'unité narrative du récit. C'est à ce niveau que se produit l'action prise comme référence. Comme tout les récits encadrés, ils sont sous la dépendance des lois définies par le récit cadre.
Progression RC Rec-Cad	Rec-Cad Geol Fournel-RC
	Niveau d'emboitement des Récits cadre fonctionnalistes : géologie du Vallon du Fournel. Ce récit cadre définit le cadre fonctionnaliste de déroulement de l'histoire du géologique du vallon du Fournel.
	Rec-Cad tecto Alp-RC
	Niveau d'emboitement du Récit cadre tectonique des Alpes. Il correspond au cadre fonctionnaliste de la tectonique alpine. C'est -à-dire une forme de récit fonctionnaliste encadré dans le récit cadre de la tectonique des plaques.
	Rec-Cad Tecto Plaq-RC
	Niveau d'emboitement du Récit cadre tectonique des plaques. C'est le récit cadre de plus haut niveau. Il correspond à l'ensemble du cadre fonctionnaliste de la tectonique des plaques.
Progression RC Rec-Enc	Rec-Enc Flysch
	Récit encadré : les plis dans les grès et flyschs du Champsaur
	Rec-Enc Globi
	Récit encadré : les marnes/schistes à Globigérines
	Rec-Enc Gran
	Récit encadré Granite / Gneiss

	Rec-Enc Num
	Récit encadré : le calcaire à Nummulites
Progression TG Rec-Cad	**Rec-Cad Geol Dibona-TG**
	Niveau d'emboitement des Récits cadre fonctionnalistes : géologie du Massif de la Dibona. Ce récit cadre définit le cadre fonctionnaliste de déroulement de l'histoire du géologique du massif de la Dibona.
	Rec-Cad tecto Alp-TG
	Niveau d'emboitement du Récit cadre tectonique des Alpes. Il correspond au cadre fonctionnaliste de la tectonique alpine. C'est -à-dire une forme de récit fonctionnaliste encadré dans le récit cadre de la tectonique des plaques.
	Rec-Cad tecto plaque-TG
	Niveau d'emboitement du Récit cadre tectonique des plaques. C'est le récit cadre de plus haut niveau. Il correspond à l'ensemble du cadre fonctionnaliste de la tectonique des plaques.
Progression TG Rec-Enc	**Rec-Enc Erosion alp**
	Récit encadré de l'erosion de la chaine alpine
	Rec-Enc Erosion hercyn
	Récit encadré de l'erosion de la chaine hercynienne
	Rec-Enc Ferm océan alp
	Récit encadré de la fermeture de l'océan alpin
	Rec-Enc Magma Granite
	Récit encadré sur la formation du magma granitique
	Rec-Enc Ouv Océan alp
	Récit encadré de l'ouverture de l'océan alpin
	Rec-Enc paysage Dibona
	Récit encadré descriptif de la lecture du paysage de la chaine de la Dibona
	Rec-Enc Pétro Granite
	Récit encadré sur la pétrographie du granite
	Rec-Enc Age Granite
	Récit encadré : recherche de l'age du Granite de la Dibona
	Rec-Enc Fusion racines hercyn
	Récit encadré de la fusion des racines de la montagne hercynienne
	Rec-Enc Orog Hercyn
	Récit encadré de l'orogenèse hercynienne
Récit	**Acteur**
	C'est un personnage qui fait l'action, qui permet de détecter un récit. C'est l'actant au sens de Greimas.
	Action
	Action principale permettant de détecter un récit dans le discours
	Indice
	Objet ou personnage subissant l'action et portant un message. L'indice correspond à la trace de l'action.
	FlshB
	Flashback : retour en arrière simple. Pas de recherche de nécessité. Ce type d'analepse est caractérisé par le fait qu'il y a reprise du cours du temps et lecture de l'hitoire dans le sens chronologique.

Rembobinages	**pseudo-retD**
	C'est une fausse rétrodiction : il y a un saut en arrière comme dans le FlashB mais la lecture se fait dans le sens chronologique. Il y a une forme de tension narrative associée : elle se crée entre le passé et le présent, mais dans une linéarité chronologique. C'est une forme de retrospection évoluée qui cherche des nécessité"dans le mauvais sens" ! Il faut la rattacher à de la problématisation fonctionnaliste. pseudo-RetD = retour en arrière + lecture des nécessités dans le sens chronlogique.
	retD
	Rétrodiction : Lecture anti-chronologique de l'histoire. Cette rétrdiction correspond à une mise en tension des événements entre eux aevc focalisation sur l'antériorité. Un événements antérieur à un autre et qui lui est nécessaire constitue un événements condirtion de possiblité. Il y a recherche des nécessités des événements, par opposition aux autres formes d'analepses dans lesquelles ce retour en arrière se fait sans recherche des nécessités.
	retL
	Rétrolecture : la lecture se fait dans le sens antchronologique. C'est une sorte de lecture/rembobinage qui fait jouer les mécanismes dans le sens inverse. Les particularités de cette rétrolecture sont : antichronologie, continuité, contiguité, absence de nécessité/ antériorité.
	retS
	Rétrospection Saut vers le passé. Le saut se fait depuis un instant présent, pris comme référence, vers un instant passé, que l'on explore. Il y a exploration du passé comme on explorerait le présent sans faire intervenir le temps. Une fois le saut réalisé, il n'y a plus de temps dans l'exploration. Aucun temps linéaire n'émerge d'un tel retour en arrière. C'est une forme d'actualisme figé dans l'instant.
Rupture	**Rupt-Hist**
	Rupture dans la temporalité des choses du monde. C'est une forme de rupture qui intervient dans le déroulement normal du cours du temps. C'est la temporalité linéaire qui est rompue. Une rupture des temps cycliques ne elève pas de ce type de catégorie (les temps cycliques étant une variable typique de la science fonctionnaliste).
	Rupt-Nom
	Rupture dans la légalité des choses du monde. Il y a une rupture du cadre nomologique dans lequel se récit se construit. Une rupture des temps cycliques relève d'une telle catégorie (les temps cyclique étant une variable typique des sciences focntinnalistes).
Tenseurs narratifs	**Disc-Ret**
	Discours réticent : le narrateur retient des éléments du récit, du discours pour produire une tension narrative. Les informations sont données mais elles ne sont pas complètes. C'est une lacune dans le récit. Elle se carctérise par des éléments manquant : il manque quelquechose effectivement.
	Ellipse
	Oubli volontaire d'une information pour créer une tension narrative. L'ellipse engage le questionnement du fait qu'elle impose une absence d'un objet, d'un phéomène ou d'un événement. A ne pas confondre avec les formes de discours réticents qui "disent mais pas tout " !
	Quest?
	Question : le médiateur pose une question. Cela a comme effet de diriger un peu la tension narrative autour de ce qui serait la reponse.
	TF
	Tensions entre FAITS Cela suppose une tension entre éléments issus de l'expérience du monde. Les faits étant considérés comme dépendant d'une perception, visuelle notamment.
	TFI

	Tension entre FAITS et IDÉES Il y a tension entre deux registres différents : le registre des faits (empirie) et le registre des idées (concept, représentations, théories, ...)
	TI
	Tension entre IDÉES Ce sont des éléments conceptuels qui sont mis en tension. Il y a donc une mise à l'écart des éléents de nature perceptive (pas d'empirie dans cette forme de tension).
Typologie des Récits	**Chronot**
	Récit chronotrope : le récit est construit seulement sur une succession d'événements. Il ne possède pas de tension narative mettant les événements en relations. Pas de couple contraintes / nécessité dans les chronotropes.
	Meta-R
	Méta-récit : le médiateur explicite comment il construit le récit.
	R-Cons
	Récit en construction : récit inachevé qui se construit petit à petit. Il est partiel car inachevé. C'est l'histoire géologique en construction. Il apparait sous la forme de récit incomplet, qu'il faut finir de construire.
	R-Enq
	Récit de l'enquête : c'est le récit de l'exploration du réel de terrain. Ce récit raconte l'évolution de la recherche d'explications, la démarche suivie, la progression du groupe dans l'histoire géologique. C'est en quelque sorte le récit de l'instant.
Unité narrative	**EVT**
	Événement. C'est l'unité structurale du récit. Il est ponctuel. Il est centré sur une action, menée par un actant.
	Récit
	La structure quinaire est considérée comme caractéristique du récit ; mais toutes les autres catégories structurelles sont prises en compte. C'esst cette structure qui permet de différencier le récit d'avec les autres éléments structuraux de niveau différent (séquences et événements).
	Séquence
	Suite d'événements mais qui ne constituent pas un récit. Elle repérésente une unité oragnisationnelle du récit. Elle peut représenter un macro-événement.

Indicateurs d'analyse médiatique

Critères	Codage et Caractérisation des Indicateurs
Communication	EXP
	Explicite : mode de communication dans lequel les éléments du discours sont explicités. Il n'y a pas de sous-entendu ni de rétention apparente du discours.
	IMP
	Implicite : le discours est plus ou moins retenu, voire réticent. Il n'y a pas d'explicitation des éléments du propos.
MÉTA	MDidac
	Méta-didactique : le médiateur précise les enjeux didactiques associés à ce qu'il présente. Cette posture méta correspond à une postrure d'enseignant qui montre qu'il se soucie des enjeux de savoirs.
	MDisc
	Méta-discours : le médiateur explique comment il conçoit son discours. La posture qui découle d'un tel indicateur est à rapprocher de celle du médiateur qui explicite le soin qu'il prend pour construire son discours.
	MRec
	Méta Récit : le médiateur explique comment il s'y prend pour construire son récit. La posture obtenu est celle du narrateur qu dit comment il raconte, ou comment il reconstitue le récit.
Postures du médiateur	Ens
	Posture d'enseignant : tryptique information/captation/évaluation. Le savoir impliqué est curriculaire.
	Med
	Posture de médiateur. Transmission d'un savoir mais sans contrainte d'évaluation. Nécessité de captation du public. Dramatisation du propos. Émotion.
	Scient
	Posture de scientifique : il construit une démonstration centrée sur la persuasion de son public. La démarche est hypothético-déductive.
Récit	Acteur
	C'est un personnage qui fait l'action, qui permet de détecter un récit. C'est l'actant au sens de Greimas.
	Action
	Action principale permettant de détecter un récit dans le discours
	Indice
	Objet ou personnage subissant l'action et portant un message. L'indice correspond à la trace de l'action.

Tenseurs narratifs	**Disc-Ret**
	Discours réticent : le narrateur retient des éléments du récit, du discours pour produire une tension narrative. Les informations sont données mais elles ne sont pas complètes. C'est une lacune dans le récit. Elle se carctérise par des éléments manquant : il manque quelquechose effectivement.
	Ellipse
	Oubli volontaire d'une information pour créer une tension narrative. L'ellipse engage le questionnement du fait qu'elle impose une absence d'un objet, d'un phéomène ou d'un événement. A ne pas confondre avec les formes de discours réticents qui "disent mais pas tout " !
	Quest?
	Question : le médiateur pose une question. Cela a comme effet de diriger un peu la tension narrative autour de ce qui serait la reponse.
	TF
	Tensions entre FAITS Cela suppose une tension entre éléments issus de l'expérience du monde. Les faits étant considérés comme dépendant d'une perception, visuelle notamment.
	TFI
	Tension entre FAITS et IDÉES Il y a tension entre deux registres différents : le registre des faits (empirie) et le registre des idées (concept, représentations, théories, ...)
	TI
	Tension entre IDÉES Ce sont des éléments conceptuels qui sont mis en tension. Il y a donc une mise à l'écart des éléents de nature perceptive (pas d'empirie dans cette forme de tension).

Liste exhaustive des indicateurs « Transana »

Critères	Codage et Caractérisation des Indicateurs
Activité	**Desc**
	Description : C'est l'activité descriptive. Il y a verbalisation de l'observation dans le but de partager avec les autres ce qui est perçu dans le monde réel.
	Exp
	Explication : activité explicative. Il s'agit ici d'une volonté déloibérée de faire comprendre quelque chose à quelqu'un. Il y a mobilisation d'un registre explicatif calirement identifiable.
	Nar
	Narration : le médiateur raconte une histoire. L'activité consiste donc à relater ce qui s'est produit ; il y a une action principale, avec des acteurs, engagés dans une intrigue.
	Obs
	Observation : il y a observation au sens de l'actvité de perception. les yeux sont les organes sensoriels utlisés. L'observation peut être principalement implicite car dès qu'elle est explicitée, elle peut être considérée comme une description.
	PBion
	Problématisation indifférenciée : il y a problématisation quand il y a mise en tension. Elle peut aussi apparaitres ous la forme d'un questionnement explicite, avec phrase interrogative. Il peut aussi y avoir explicitation du problème en tant que tel. Nous considérons également la phrase "il y a un problème" comme une forme d'explicitation du problème.
	Ret
	Forme de retour en arrière afin de recherche l'origine d'un fait. Cet indicateur est à prendre au sens large : il concerne toute forme de retour en arrière, quelque soit le procédé suivi.
Actualisme	**Act**
	Actualisme dans sa forme rudimentaire. Il n'y a pas d'analogie évidente. Les temps longs ne sont pas mobilisés. Il est à assimiler aux formes simples et/ou naïves. C'est un actualisme qui s'appuie sur le principe de sens commun que tout objet ou phénomène trouve son origine dans son passé. C'est un forme de réalisme ontologique.
	Act-Ana
	Actualisme d'analogie. Tout type d'analogie / comparaison / métaphore est ici considéré comme actualisme. Il y a analogie objet/phénomène entre le présent et le passé. La variable temps est inactive dans ce contexte.
	Act-TL
	Actualisme de temps longs constructeur de phénomène. Cet actualisme est utilisé s'il y a, explicitement ou non, mention des temps longs, ou de l'impossibilité, explicitée ou on, de faire une analogie immédiate.
Analogies	**Anal-Exp**
	Modèle expérimental analogique : l'analogie se fait sur la base d'une expérience qui met en évidence le phénomène. Cet indicateur met donc en évidence une analogie de nature scientifique. L'expérience peut être réelle ou sous forme d'expérience de pensée.
	Anim
	Animisation Mise en relation d'un comparé inanimé avec un comparant animé, vivant. La fonction prinicpale d'une telle analogie est de produire du dynamique à partir du statique. Un tel indicateur renvoie donc au mouvement et à l'action.
	Comp
	Comparaison C'est une forme d'analogie utilisant un terme de comparaison tel que : tel, même, pareil, semblables,etc.
	Meton
	Métonymies. Il y a comparaison, mais elle ne se fait que sur une des particularités de l'objet, notamment dans le cas de la métonymie vraie, sur une fonction. L'exemple type est "la voile" (pour dire le bateau), boire un verre (pour dire boire son contenu).
	Mtph

	Métaphore Analogie par métaphorisation et qui n'utilise pas de connecteurs.
	Personf
	Personnification Mise en relation d'un comparé inanimé avec un comparant humain, ou un être vivant à qui l'on prète des caractères humains. Cet indicateur permet de différencier les analogies animisées et celles qui mobilisent des formes humaines.
Causalités	**Ant**
	Antériorité Principe de causalité selon lequel un événement en précède un autre et peuvent être ainsi unis par un lien de nécessité. (ce lien de nécessité n'étant pas lui-même nécessaire).
	Caus
	Prinicpe de causalité au sens strict. Ce principe traduit la mise en œuvre d'un principe selon lequel les causes précèdent les effets. Les causes considérées ici sont de nature physico-chimique. Elles ne sont donc pas complexes.
	Caus-Geol
	Causalité complexe de la géologie. Elle se distingue de la causalité physico-chimique par le petit nombre de variables prises en compte.
	Caus-Temp
	Antériorité +nécessité : il y a conjonction de l'antériorité et de la nécessité, qui colpose alors une "causalité temporelle". C'est une forme de causalité qui tient compte de la temporalité. Il y a antériorité quand la causalité embarque le temps. MAIS on ne considère pas ici le cas d'une temporalité qui se substitue à la causalité. Ce cas est une autre formes, considérée comme naïve (syncrétisme temps et cause).
	RLC
	Raisonnement Linéaire Causal : forme de raisonnement naïf qui utlise le temps pour la cause. C'est une forme de syncrétisme Temps/Cause.
Communication	**EXP**
	Explicite : mode de communication dans lequel les éléments du discours sont explicités. Il n'y a pas de sous-entendu ni de rétention apparente du discours.
	IMP
	Implicite : le discours est plus ou moins retenu, voire réticent. Il n'y a pas d'explicitation des éléments du propos.
Contraintes et nécessités	**CONT**
	Contraintes agissant sur le registre empirique.
	NEC-Fonct
	Nécessité fonctionnaliste : nécessité du registre théorique, intervenant dans l'explication d'un phénomène. Cette nécessité est de nature mécaniste, au sens où c'est l'un des éléments du processus qui s'impose comme nécessaire au fonctionnement. La nécessité fonctionnaliste, comme toutes les conditions de possiblité appartiennent par défintion au registre théorique.
	NEC-Hist
	Nécessité historique = événement condition de possiblité. Il y a nécessité historique quand la condition d'antériorité est un condition sine qua non. La nécessité historique est directement liée à l'antériorité.
Contrat de communication	**Acces**
	Accessibilité du propos. Le médiateur fait en sorte de mobiliser des éléments de discours qui permettent une meilleure visibilité/audibilité du discours.
	Emot
	Émotion : le médiateur joue sur l'émotion de son public comme mode de captation et de plaisir/loisir.
	Ser
	Sérieux : contrainte qui oblige le médiateur à rendre son discours sérieux pour légitimer son propos.
	0-Index RC
	RC-Fournel

Index RC	**1-Intro**
	Arrêt A1 : Introduction de la sortie géologique Fournel RC
	2-Pays
	Arrêt A2 : présentation du paysage du vallon du Fournel. Analyse des structures géologiques repérables.
	3-Granite
	Arrêt A3 : affleurement de granite et de gneiss. Analyse de la roche.
	4-Num1
	Arrêt A4 : affleurement du "gros banc calcaire". ANalyse de la roche et des fossiles de numulites qu'elle contient.
	5-Num2
	Arrêt A5 : gros banc calcaire ; interpréttion des informations fournies par les nummulites.
	6-BC
	Arrêt A6 : Bas de la cascade. Analyse des marnes/schistes à Globigérines.
	7-HC
	Arrêt A7 : les défomations dans les marnes à Globigérines.
	8-Fin
	Arrêt A8 : analyse des plis dsn les grès /flysch du Champsaur. Puis conclusion finale de la sortie.
Index TG	**Index TG**
	TG-Dibona
	A. Intro
	Introduction de l'intervention
	B. Granite
	Description du granite de la Dibona et analyse de sa prétologie.
	C. Magma granitique
	Formation du magma granitique de la Dibona.
	D. Radio-chrono Granite
	Déermintaion de 'âge du granite par radio-chronologie.
	E. Orogenèse Hercynienne
	Formation de la chaine hercynienne.
	F. Erosion hercynienne
	Érosion de la chaine hercynienne.
	G. Fusion racines Hercyniennes
	Fusion des racines des montagnes hercyniennes et production de magma granitique
	H. Fract Pangée 1
	Fractionnement de la Pangée. Première partie : formation de la Téthys.
	I. Fract Pangée 2
	Fractionnement de la Pangée. Deuxième partie. Ouverturre atlantique Nord.
	J. Fermeture océan alpin
	Fermeture de l'océan alpin et orogenèse alpine.
	K. Erosion alpes
	Érosion de la chaine alpine
	L. Bilan desc 1
	Bilan des descriptions 1ere partie.
	M. Bilan desc 2
	Bilan des descriptions 2eme partie.

Fiction	**Cont-Fict**
	Mise en œuvre d'un contrat de fiction, tacite ou non, engageant une feintise ludique partagée.
	Mond-Pos
	Le médiateur envisage un monde alternatif, construit sur une logique modale.
MÉTA	**MDidac**
	Méta-didactique : le médiateur précise les enjeux didactiques associés à ce qu'il présente. Cette posture méta correspond à une postrure d'enseignant qui montre qu'il se soucie des enjeux de savoirs.
	MDisc
	Méta-discours : le médiateur explique comment il conçoit son discours. La posture qui découle d'un tel indicateur est à rapprocher de celle du médiateur qui explicite le soin qu'il prend pour construire son discours.
	MRec
	Méta Récit : le médiateur explique comment il s'y prend pour construire son récit. La posture obtenu est celle du narrateur qu dit comment il raconte, ou comment il reconstitue le récit.
Mimesis fictionnelle	**Mim-Phen**
	Mimesis fictionnelle de type phénoménologique par observation. Il y a imitation de surface. C'est. La mimesis du « faire pareil ». Pas de questionnement sur l'organisation structurale de l'objet/phénomène imité.
	Mim-Struct-Hier
	Imitation avec intégration d'un schéma de coordination motrice. C'est une imitation contraintes par la signification relative de chaque mimème.
	Mod-Nom
	Type de modélisation abstraite dans laquelle il y a mise en fonctionnement de loi et/ou règles qui gouverne le phénomène.
	Mod-Mim
	C'est le type de modélisation par simulation analogique.
Mise en intrigue	**MEI**
	Mise en intrigue Il y a une forme de questionnement implicite sur l'action dans le récit, ce que l'on assimile au "suspens". La mise en intrigue est associée à l'incertitude initiée dans le récit. Il y a mise en intrigue dès que les faits et les idées se montrent comme dispersés, sans cohérence. La mise en intrigue est un processus lent, qui s'installe progressivement dans la narration.
	Rupt
	Rupture dans le cours des choses. C'est un processus narratif majeur qui participe à la mise en intrigue par un phénomène brutal qui se produit au sein du récit. Cette rupture renvoie directement à la peripétie d'Aristote.
Niveaux de récits emboités	**Mic-Rec**
	Micro-récit : Forme de récit encadré ayant une certaine autonomie vis-à-vis des autres récits. Comme tous récits encadrés, il est inclu dans un récit cadre ; mais le micro-récit reste autonome : il n'a pas de lien direct avec les autres récits. Il n'est donc pas fondamental pour le récit en construction.
	Rec-Cad
	Récit cadre : il englobe les autres récits et se caractérise par son intrigue propre, différente de celle des récits qui le constituent.C'est la grande histoire qui sert de toile de fond aux récits encadrés. Le récit cadre a le statut de cadre nomologique, au sein duquel des lois ou règles strictes s'appliquent.
	Rec-Enc 1
	Récits encadrés de premier niveau : récit inclus dans le récit cadre. Ce niveau de récit encadré se caractérise par son intrigue propre, mais assez générale, ses personnages, son action. Comme tout les récits encadrés, ils sont sous la dépendance des lois définies par le récit cadre.

	Rec-Enc 2
	Récits encadrés de deuxième niveau : récit inclus dans un récit encadré, mais qui ne correspond pas à un récit cadre (ce n'est pas lui qui définit le cadre légal de production du récit encadré 2). Ce niveau de récit encadré se caractérise par son intrigue propre, ses personnages, son action. Ce niveau de récit encadré caractérise l'unité narrative du récit. C'est à ce niveau que se produit l'action prise comme référence. Comme tout les récits encadrés, ils sont sous la dépendance des lois définies par le récit cadre.
OBSTACLES	**Catas**
	Obstacle catastrophisme : Ce mode de pensée prète aux événements du passé des intensité démesurées. C'est la pensée événementielle, qui se focalise sur l'évenement considéré comme un élément du réel perçu et qui constitue les faits. C'est la pensée qui adaptent la puissance des processus à l'énergie immédiate pour les faire se produire : c'est une négation des temps longs des processus.
	Caus Mot
	Obstacle cause motivée : confusion entre la causalité et le motif. L'action est réalisée sous la dépendance d'un motif (donc anthropique) et non d'une cause. La cause est par défintioin non dirigée. Le motif lui est dirigé vers un but précis.
	Chronot
	Obstacle chronotrope : c'est l'obstacle de la petite histoire ad hoc qui mobilise une causalité temprelle naïve. Les événements s'enchainent selon une chronologie non-questionnée.
	Cont
	Obstacle continuité historique : forme d'obstacle typique de la reconstitution historique. Les événements sont imagniés dans leur contiguité : ils s'enchaine sans intérruption. Cet obstacle correspond à une visioin naïve selon laquelle l'histoire est pré-écrite et doit être recomposée en peuplant le cours du temps par des événements enchainés.
	Exp-Prem
	Obstacle expérience première. Obstacle bachelardien selon lequel la connassance pré-existente fait obstacle à la connaissance scientifique en formation. L'expérience première se nourrit de l'opinion et pousse à toujours retomber dans le déjà-vu et le connu.
	Fin
	Obstacle finalisme : pensée selon laquelle les événements sont dirigés vers un but précis. Il correspond à l'usage du mot "pour" qui désigne à la fois une finalité et une destinée pragmatique.
	Liq
	Obstacle LIQUIDE : obstacle fonctionnaliste selon lequel seuls les liquides sont déformables et coulent. Il y a mobilisation excessive des liquides pour exliquer des déformatioins sur des solides. Il correspond à la difficulté de penser les déformations des solides (ductilité, fluage).
	Obst-FB
	Obstacle FlashBack : c'est une forme d'analepse qui fait obstacle en tant que remontée non-questionnée à l'origine d'un fait. C'est un obstacle dans la mesure où la remontée dans le temps est systématisée et ne s'appuie pas sur une raison.
	Prim Percep
	Obstacle primat de la perception : l'idée que l'activité perceptive permet d'appréhender le réel scientifique. Cette idée, et sa mise en œuvre font obstacle dans la mesure où l'univers théorique est considéré comme accessoire ou secondaire. Cet obstacle se nourrit des postures réaliste, empiriste et positiviste dénoncées par Bachelard.
	Temps Causal
	Obstacle à rapporcher du RLC (voire cet autre indicateur). Le temps est considéré comme une cause. C'est une forme de temps magique qui, s'il dure, produit des effets. C'est un temps sans phénomène (ou bien un temps qui se substitue aux phénomènes).
Organisation spatio-temporelle	**Org-Spat**
	Organisation spatiale des objets géologiques. Il est fait mention du terrain, ou d'une zone délimitée dans lesquels sont analysés les objets géologiques;
	Org-Temp

	Organisation temporelle des objets géologiques. Il est fait mention du temps, ou d'une période/époque délimitée aux cours desquels sont analysés les objets géologiques;
Patern VS Process	**Pat**
	Pattern : L'explication porte sur la structure. Il correspond à l'objet de l'explication historique. Les sciences historiques sont des sciences des structures (pattern). Par défintioin ce sont les événements qui sont à l'origin des structures visibles dans le monde réel.
	Proc
	Process : l'explication porte sur le processus. Le process est l'objet de l'explcation des sciences fonctionnalistes. Les sciences fonctionnalistes sont des sciences des processus (process). On décrit les processus en général par des phénomènes.
Postures du médiateur	**Ens**
	Posture d'enseignant : tryptique information/captation/évaluation. Le savoir impliqué est curriculaire.
	Med
	Posture de médiateur. Transmission d'un savoir mais sans contrainte d'évaluation. Nécessité de captation du public. Dramatisation du propos. Émotion.
	Scient
	Posture de scientifique : il construit une démonstration centrée sur la persuasion de son public. La démarche est hypothético-déductive.
Problématisation	**PB-Fonct**
	Problématisation Fonctionnaliste : forme de problémtaisation dans laquelle il y a mise en tension des regsitres emprique et théorique autour d'un processus qui ne mobilise pas le temps comme variable mise en tension.
	PBHist
	Problématisation Historique : forme de problématisation dans laquelle la variable temps est mise en tension. Il y a nottament l'antériorité qui est mobilisée au sein des nécessités fonctionnalistes.
Progression RC Rec-Cad	**Rec-Cad Geol Fournel-RC**
	Niveau d'emboitement des Récits cadre fonctionnalistes : géologie du Vallon du Fournel. Ce récit cadre définit le cadre fonctionnaliste de déroulement de l'histoire du géologique du vallon du Fournel.
	Rec-Cad tecto Alp-RC
	Niveau d'emboitement du Récit cadre tectonique des Alpes. Il correspond au cadre fonctionnaliste de la tectonique alpine. C'est -à-dire une forme de récit fonctionnaliste encadré dans le récit cadre de la tectonique des plaques.
	Rec-Cad Tecto Plaq-RC
	Niveau d'emboitement du Récit cadre tectonique des plaques. C'est le récit cadre de plus haut niveau. Il correspond à l'ensemble du cadre fonctionnaliste de la tectonique des plaques.
Progression RC Rec-Enc	**Rec-Enc Flysch**
	Récit encadré : les plis dans les grès et flyschs du Champsaur
	Rec-Enc Globi
	Récit encadré : les marnes/schistes à Globigérines
	Rec-Enc Gran
	Récit encadré Granite / Gneiss
	Rec-Enc Num
	Récit encadré : le calcaire à Nummulites
Progression TG Rec-Cad	**Rec-Cad Geol Dibona-TG**
	Niveau d'emboitement des Récits cadre fonctionnalistes : géologie du Massif de la Dibona. Ce récit cadre définit le cadre fonctionnaliste de déroulement de l'histoire du géologique du massif de la Dibona.
	Rec-Cad tecto Alp-TG
	Niveau d'emboitement du Récit cadre tectonique des Alpes. Il correspond au cadre fonctionnaliste de la tectonique alpine. C'est -à-dire une forme de récit fonctionnaliste encadré dans le récit cadre de la tectonique des plaques.

	Rec-Cad tecto plaque-TG
	Niveau d'emboitement du Récit cadre tectonique des plaques. C'est le récit cadre de plus haut niveau. Il correspond à l'ensemble du cadre fonctionnaliste de la tectonique des plaques.
Progression TG Rec-Enc	**Rec-Enc Erosion alp**
	Récit encadré de l'erosion de la chaine alpine
	Rec-Enc Erosion hercyn
	Récit encadré de l'erosion de la chaine hercynienne
	Rec-Enc Ferm océan alp
	Récit encadré de la fermeture de l'océan alpin
	Rec-Enc Magma Granite
	Récit encadré sur la formation du magma granitique
	Rec-Enc Ouv Océan alp
	Récit encadré de l'ouverture de l'océan alpin
	Rec-Enc paysage Dibona
	Récit encadré descriptif de la lecture du paysage de la chaine de la Dibona
	Rec-Enc Pétro Granite
	Récit encadré sur la pétrographie du granite
	Rec-Enc Age Granite
	Récit encadré : recherche de l'age du Granite de la Dibona
	Rec-Enc Fusion racines hercyn
	Récit encadré de la fusion des racines de la montagne hercynienne
	Rec-Enc Orog Hercyn
	Récit encadré de l'orogenèse hercynienne
Raisonnements	**Abd**
	Abduction Démarche abductive : c'est ne forme de démarche qui part du résultat, formule une règle et vérifie le cas. La cohérence constitue alors une preuve relative de validité. Modalités de repérage de l'abduction : on part du résultat.
	HD
	Raisonnement hypothético-déductif. C'est le raisonnement par déduction qui, partant d'une règle, anticipe le résultat à obtenir par soumission à la règle. Il y a donc centration sur l'anticipation du résultat. Modalités de repérage de la déduction : on part de la règle.
	Ind
	Induction Démarche inductive mode de raisonnement qui, à partir d'un cas, procède à une généralisation à l'ensemble des cas et donc détermine une règle générale, mais de validité incertaine. Modalités de repérage : on part du cas et on généralise.
Récit	**Acteur**
	C'est un personnage qui fait l'action, qui permet de détecter un récit. C'est l'actant au sens de Greimas.
	Action
	Action principale permettant de détecter un récit dans le discours
	Indice
	Objet ou personnage subissant l'action et portant un message. L'indice correspond à la trace de l'action.
	Cont-Fact
	Les faits mobilisés par le médiateur sont contraires à ceux du monde empiriquement accessibles dans l’actuel.
	Cont-Sim-Rel-Diss

Référentiel fictionnel	Le médiateur met en œuvre un procédé de contrôle de l'écart disséminé dans de nombreuses différences, entre le monde fictionnel mobilisé et le monde actuel.
	Cont-Sim-Rel-Conc
	Le médiateur met en œuvre un procédé de contrôle de l'écart concentré sur quelques différences, entre le monde fictionnel mobilisé et le monde actuel.
Registres	**RE**
	Registre Empirique : ensemble des objets et phénomènes du monde.
	REX
	Registre Explicatif : cadre mental sur lequel s'appuie l'explication pour donner du sens.
	RM
	Registre Théorique ou registre du modèle : ensemble des constructions virtuelles qui permettent la production de modèles explicatifs.
Rembobinages	**FlshB**
	Flashback : retour en arrière simple. Pas de recherche de nécessité. Ce type d'analepse est caractérisé par le fait qu'il y a reprise du cours du temps et lecture de l'hitoire dans le sens chronologique.
	pseudo-retD
	C'est une fausse rétrodiction : il y a un saut en arrière comme dans le FlashB mais la lecture se fait dans le sens chronologique. Il y a une forme de tension narrative associée : elle se crée entre le passé et le présent, mais dans une linéarité chronologique. C'est une forme de retrospection évoluée qui cherche des nécessité"dans le mauvais sens" ! Il faut la rattacher à de la problématisation fonctionnaliste. pseudo-RetD = retour en arrière + lecture des nécessités dans le sens chronlogique.
	retD
	Rétrodiction : Lecture anti-chronologique de l'histoire. Cette rétrdiction correspond à une mise en tension des événements entre eux aevc focalisation sur l'antériorité. Un événements antérieur à un autre et qui lui est nécessaire constitue un événements condirtion de possiblité. Il y a recherche des nécessités des événements, par opposition aux autres formes d'analepses dans lesquelles ce retour en arrière se fait sans recherche des nécessités.
	retL
	Rétrolecture : la lecture se fait dans le sens antchronologique. C'est une sorte de lecture/rembobinage qui fait jouer les mécanismes dans le sens inverse. Les particularités de cette rétrolecture sont : antichronologie, continuité, contiguité, absence de nécessité/antériorité.
	retS
	Rétrospection Saut vers le passé. Le saut se fait depuis un instant présent, pris comme référence, vers un instant passé, que l'on explore. Il y a exploration du passé comme on explorerait le présent sans faire intervenir le temps. Une fois le saut réalisé, il n'y a plus de temps dans l'exploration. Aucun temps linéaire n'émerge d'un tel retour en arrière. C'est une forme d'actualisme figé dans l'instant.
Rupture	**Rupt-Hist**
	Rupture dans la temporalité des choses du monde. C'est une forme de rupture qui intervient dans le déroulement normal du cours du temps. C'est la temporalité linéaire qui est rompue. Une rupture des temps cycliques ne elève pas de ce type de catégorie (les temps cycliques étant une variable typique de la science fonctionnaliste).
	Rupt-Nom
	Rupture dans la légalité des choses du monde. Il y a une rupture du cadre nomologique dans lequel se récit se construit. Une rupture des temps cycliques relève d'une telle catégorie (les temps cyclique étant une variable typique des sciences focntinnalistes).
Temps qualitatif	**TpsCyc**
	Temps cyclique Temps des phénomènes cycliques. Ils se caractérisent par la répétabilité des phénomènes.
	TpsLin

	Temps linéaire / sagittal Flèche du temps, temps directionnel, temps de l'histoire. Les faits qui se produisent sont à considérer comme des événements et non comme des phénomènes. Chaque événements est unique, nécessaire et contingent. Chaque événement impose à l'histoire une direction
Temps quantitatif	**tpsC**
	Temps courts Temps humains Temps historiques
	tpsL
	Temps longs géologiques
Tenseurs narratifs	**Disc-Ret**
	Discours réticent : le narrateur retient des éléments du récit, du discours pour produire une tension narrative. Les informations sont données mais elles ne sont pas complètes. C'est une lacune dans le récit. Elle se carctérise par des éléments manquant : il manque quelquechose effectivement.
	Ellipse
	Oubli volontaire d'une information pour créer une tension narrative. L'ellipse engage le questionnement du fait qu'elle impose une absence d'un objet, d'un phéomène ou d'un événement. A ne pas confondre avec les formes de discours réticents qui "disent mais pas tout " !
	Quest?
	Question : le médiateur pose une question. Cela a comme effet de diriger un peu la tension narrative autour de ce qui serait la reponse.
	TF
	Tensions entre FAITS Cela suppose une tension entre éléments issus de l'expérience du monde. Les faits étant considérés comme dépendant d'une perception, visuelle notamment.
	TFI
	Tension entre FAITS et IDÉES Il y a tension entre deux registres différents : le registre des faits (empirie) et le registre des idées (concept, représentations, théories, ...)
	TI
	Tension entre IDÉES Ce sont des éléments conceptuels qui sont mis en tension. Il y a donc une mise à l'écart des éléents de nature perceptive (pas d'empirie dans cette forme de tension).
Thèmes Géologiques	**Er**
	Analyse des mécanismes/traces d'érosion.
	Ferm-oc
	Fermeture océanique
	Géomorph
	Analyse des formes des reliefs et leur organisation
	Magm
	Analyse des phénomènes de fusion des roches en profondeur
	Métam
	Analyse des minéraux d'origine métamorphique
	Micro-tecto
	Tectonique à l'échelle de la roche, du minéral. Rhéologie.
	Minér
	Approche par l'étude des minéraux
	Ouv-oc
	Ouverture océanique
	Paléont

	Analyse des fossiles
	Pétro
	Analyse des roches
	Sédim
	Analyse des sédiments
	Strati
	Analyse de la succession des strates de roches sédimentaires
	Subd
	Subduction (ou collision : on ne fais pas de distinction ici)
	Tecto-G
	Tectonique générale à l'échelle au moins de la chaine de montagne. Tectonique des plaques explicite ou imlicite.
	Tecto-loc
	Tectonique à l'échelle du massif
	Volc
	Analyse des phénomènes volcaniques, de surface
Typologie des faits géologiques	**Evénements**
	Les faits géologiques sont des événements : ils sont inscrits dans le temps et l'espace. Ils sont uniques, irréversibles, imprédictibles et irrémédiables.
	Phénomènes
	Les faits géologiques sont inscrits dans un temps cyclique ; ils sont prédictibles, reproductibles, et génériques.
Typologie des Récits	**Chronot**
	Récit chronotrope : le récit est construit seulement sur une succession d'événements. Il ne possède pas de tension narative mettant les événements en relations. Pas de couple contraintes / nécessité dans les chronotropes.
	Meta-R
	Méta-récit : le médiateur explicite comment il construit le récit.
	R-Cons
	Récit en construction : récit inachevé qui se construit petit à petit. Il est partiel car inachevé. C'est l'histoire géologique en construction. Il apparait sous la forme de récit incomplet, qu'il faut finir de construire.
	R-Enq
	Récit de l'enquête : c'est le récit de l'exploration du réel de terrain. Ce récit raconte l'évolution de la recherche d'explications, la démarche suivie, la progression du groupe dans l'histoire géologique. C'est en quelque sorte le récit de l'instant.
Typologie des temps	**Tps-Dur**
	Temps "épais" Durée C'est la durée qui est prise en compte dans cette considération sur le temps.
	Tps-Inst
	Temps instantané C'est l'instant qui est pris en compte dasn cette considération sur le temps.
Unité narrative	**EVT**
	Événement. C'est l'unité structurale du récit. Il est ponctuel. Il est centré sur une action, menée par un actant.
	Récit
	La structure quinaire est considérée comme caractéristique du récit ; mais toutes les autres catégories structurelles sont prises en compte. C'esst cette structure qui permet de différencier le récit d'avec les autres éléments structuraux de niveau différent (séquences et événements).
	Séquence

	Suite d'événements mais qui ne constituent pas un récit. Elle repérésente une unité oragnisationnelle du récit. Elle peut représenter un macro-événement.

Codage des indicateurs « Transana » : Tableau général

Codage des indicateurs

(tableau général)

Critères	Codage des Indicateurs
Activité	Desc
	Exp
	Nar
	Obs
	PBion
	Ret
Actualisme	Act
	Act-Ana
	Act-TL
Analogies	Anal-Exp
	Anim
	Comp
	Meton
	Mtph
	Personf
Causalités	Ant
	Caus
	Caus-Geol
	Caus-Temp
	RLC
Communication	EXP
	IMP
Contraintes et nécessités	CONT
	Ctge
	NEC-Fonct
	NEC-Hist
Contrat de communication	Acces
	Emot
	Ser
Index RC	0-Index RC
	1-Intro
	2-Pays
	3-Granite
	4-Num1
	5-Num2
	6-BC
	7-HC
	8-Fin
	Index TG
	A. Intro
	B. Granite
	C. Magma granitique
	D. Radio-chrono Granite
	E. Orogenèse Hercynienne
Index TG	F. Erosion hercynienne
	G. Fusion racines Hercyniennes
	H. Fract Pangée 1
	I. Fract Pangée 2
	J. Fermeture océan alpin
	K. Erosion alpes
	L. Bilan desc 1
	M. Bilan desc 2
Intra-temporalité	Dat
	HistL
Fiction	Cont-Fict
	Mond-Pos
Méta	MDidac
	MDisc
	MRec
Mimesis Fictionnelle	Mim-Phen
	Mim-Struct-Hier
	Mod-Nom
	Mod-Mim
Mise en intrigue	MEI
	Rupt
Niveau de récit emboité	Mic-Rec
	Rec-Cad
	Rec-Enc-1
	Rec-Enc-2
OBSTACLES	Catas
	Caus Mot
	Chronot
	Cont
	Exp-Prem
	Fin
	HistCs
	Liq
	Obst-FB
	Prim Percep
	Temps Causal
Organisation spatio-temporelle	Org-Spat
	Org-Temp
Patern VS Process	Pat
	Proc
Postures du médiateur	Ens
	Med
	Scient
Problématisation	PB-Fonct
	PBHist
Progression RC Rec-Cad	Rec-Cad Geol Fournel-RC
	Rec-Cad tecto Alp-RC
	Rec-Cad Tecto Plaq-RC
Progression RC Rec-Enc	Rec-Enc Flysch
	Rec-Enc Globi
	Rec-Enc Gran
	Rec-Enc Num
Progression TG Rec-Cad	Rec-Cad Geol Dibona-TG
	Rec-Cad tecto Alp-TG
	Rec-Cad tecto plaque-TG
Progression TG Rec-Enc	Rec-Enc Erosion alp
	Rec-Enc Erosion hercyn
	Rec-Enc Ferm océan alp
	Rec-Enc Magma Granite
	Rec-Enc Ouv Océan alp
	Rec-Enc paysage Dibona
	Rec-Enc Pétro Granite
	Rec-Enc Age Granite
	Rec-Enc Fusion racines hercyn
	Rec-Enc Orog Hercyn
Raisonnements	Abd
	HD
	Ind
Récit	Acteur
	Action
	Indice
Référentiel fictionnel	Cont-Fact
	Cont-Sim-Rel-Diss
	Cont-Sim-Rel-Conc
Registres	RE
	REX
	RM
Rembobinages	FlshB
	pseudo-retD
	retD
	retL
	retS
Rupture	Rupt-Hist
	Rupt-Nom
Temps qualitatif	TpsCyc
	TpsLin
Temps quantitatif	tpsC
	tpsL
Tenseurs narratifs	Disc-Ret
	Ellipse
	Quest?
	TF
	TFI
	TI
Thèmes Géologiques	Er
	Ferm-oc
	Géomorph
	Magm
	Métam
	Micro-tecto
	Minér
	Ouv-oc
	Paléont
	Pétro
	Sédim
	Strati
	Subd
	Tecto-G
	Tecto-loc
	Volc
Typologie des faits géologiques	Evénements
	Phénomènes
Typologie des Récits	Chronot
	Meta-R
	R-Cons
	R-Enq
Typologie des temps	Tps-Dur
	Tps-Inst
Unité narrative	EVT
	Récit
	Séquence

Codage des indicateurs « Transana » : Tableau de présentation par critères

Codage des indicateurs « Index »

(Contraintes logiciels d'organisation des unités du discours)

Critères	Codage des Indicateurs
Index RC	0-Index RC
	1-Intro
	2-Pays
	3-Granite
	4-Num1
	5-Num2
	6-BC
	7-HC
	8-Fin
Index TG	Index TG
	A. Intro
	B. Granite
	C. Magma granitique
	D. Radio-chrono Granite
	E. Orogenèse Hercynienne
	F. Erosion hercynienne
	G. Fusion racines Hercyniennes
	H. Fract Pangée 1
	I. Fract Pangée 2
	J. Fermeture océan alpin
	K. Erosion alpes
	L. Bilan desc 1
	M. Bilan desc 2
Niveau de récit emboité	Mic-Rec
	Rec-Cad
	Rec-Enc-1
	Rec-Enc-2
Progression RC Rec-Cad	Rec-Cad Geol Fournel-RC
	Rec-Cad tecto Alp-RC
	Rec-Cad Tecto Plaq-RC
Progression RC Rec-Enc	Rec-Enc Flysch
	Rec-Enc Globi
	Rec-Enc Gran
	Rec-Enc Num
Progression TG Rec-Cad	Rec-Cad Geol Dibona-TG
	Rec-Cad tecto Alp-TG
	Rec-Cad tecto plaque-TG
Progression TG Rec-Enc	Rec-Enc Erosion alp
	Rec-Enc Erosion hercyn
	Rec-Enc Ferm océan alp
	Rec-Enc Magma Granite
	Rec-Enc Ouv Océan alp
	Rec-Enc paysage Dibona
	Rec-Enc Pétro Granite
	Rec-Enc Age Granite
	Rec-Enc Fusion racines hercyn
	Rec-Enc Orog Hercyn
Thèmes Géologiques	Er
	Ferm-oc
	Géomorph
	Magm
	Métam
	Micro-tecto
	Minér
	Ouv-oc
	Paléont
	Pétro
	Sédim
	Strati
	Subd
	Tecto-G
	Tecto-loc
	Volc

Codages des indicateurs « Didactique »

Critères	Codage des Indicateurs
Activité	Desc
	Exp
	Nar
	Obs
	PBion
	Ret
Actualisme	Act
	Act-Ana
	Act-TL
Analogies	Anal-Exp
	Anim
	Comp
	Meton
	Mtph
	Personf
Causalités	Ant
	Caus
	Caus-Geol
	Caus-Temp
	RLC
Communication	EXP
	IMP
Contraintes et nécessités	CONT
	NEC-Fonct
	NEC-Hist
MÉTA	MDidac
	MDisc
	MRec
	Catas
	Caus Mot
	Chronot

OBSTACLES	Cont
	Exp-Prem
	Fin
	Liq
	Obst-FB
	Prim Percep
	Temps Causal
Organisation spatio-temporelle	Org-Spat
	Org-Temp
Patern VS Process	Pat
	Proc
Problématisation	PB-Fonct
	PBHist
Raisonnements	Abd
	HD
	Ind
Registres	RE
	REX
	RM
Rembobinages	FlshB
	pseudo-retD
	retD
	retL
	retS
Temps qualitatif	TpsCyc
	TpsLin
Temps quantitatif	tpsC
	tpsL
Typologie des faits géologiques	Evénements
	Phénomènes
Typologie des temps	Tps-Dur
	Tps-Inst

Codage des indicateurs d'analyse « Récit »

Critères	Codage des Indicateurs
Mise en intrigue	MEI
	Rupt
Niveaux de récits emboités	Mic-Rec
	Rec-Cad
	Rec-Enc-1
	Rec-Enc-2
Progression RC Rec-Cad	Rec-Cad Geol Fournel-RC
	Rec-Cad tecto Alp-RC
	Rec-Cad Tecto Plaq-RC
Progression RC Rec-Enc	Rec-Enc Flysch
	Rec-Enc Globi
	Rec-Enc Gran
	Rec-Enc Num
Progression TG Rec-Cad	Rec-Cad Geol Dibona-TG
	Rec-Cad tecto Alp-TG
	Rec-Cad tecto plaque-TG
Progression TG Rec-Enc	Rec-Enc Erosion alp
	Rec-Enc Erosion hercyn
	Rec-Enc Ferm océan alp
	Rec-Enc Magma Granite
	Rec-Enc Ouv Océan alp
	Rec-Enc paysage Dibona
	Rec-Enc Pétro Granite
	Rec-Enc Age Granite
	Rec-Enc Fusion racines hercyn
	Rec-Enc Orog Hercyn
Récit	Acteur
	Action
	Indice
Rembobinages	FlshB
	pseudo-retD
	retD
	retL
	retS
Rupture	Rupt-Hist
	Rupt-Nom
Tenseurs narratifs	Disc-Ret
	Ellipse
	Quest?
	TF
	TFI
	TI
Typologie des Récits	Chronot
	Meta-R
	R-Cons
	R-Enq
Unité narrative	EVT
	Récit
	Séquence

Codage des indicateurs d'analyse « médiation »

Critères	Codage des Indicateurs
Communication	EXP
	IMP
MÉTA	MDidac
	MDisc
	MRec
Postures du médiateur	Ens
	Med
	Scient
Récit	Acteur
	Action
	Indice
Tenseurs narratifs	Disc-Ret
	Ellipse
	Quest?
	TF
	TFI
	TI

Codage des indicateurs « Fiction »

Critères	Codage des Indicateurs
Fiction	Cont-Fict
	Mond-Pos
Mimesis fictionnelle	Mim-Phen
	Mim-Struct-Hier
	Mod-Nom
	Mod-Mim
Référentiel fictionnel	Cont-Fact
	Cont-Sim-Rel-Diss
	Cont-Sim-Rel-Conc

Synopsis de la situation « Fournel RC »

Synopsis Fournel RC

Codage repère	*Titre*	Résumé
	INTRODUCTION	
RC-I01 / RC-I06	*RC Fournel Introduction 1*	Préambule géologie scolaire
RC-I07 / RC-I19	*RC Fournel Introduction 2*	Rappels historiques sur la Tectonique des plaques
RC-I20 / RC-I21	*RC Fournel Introduction 3*	Invitation à se rendre sur le terrain pour enquêter
RC-I22 / RC-I59	*RC Fournel Introduction 4*	Mise au point sur la méthodologie de l'enquête de terrain
RC-I60 / RC-I74	*RC Fournel Introduction 5*	Localisation spatiale de l'enquête de terrain
RC-I75 / RC-I106	*RC Fournel Introduction 6*	Cadre théorique général de la tectonique dans les Alpes
RC-I107 / RC-I110	*RC Fournel Introduction 7*	Objectif pédagogique de la sortie
RC-I111 / RC-I121	*RC Fournel Introduction 8*	Compléments méthodologiques et présentation des plaquettes Géoparc
	PAYSAGE	
RC-P01 / RC-P12	*RC Fournel 2 Paysage 1*	Description des strates
RC-P13 / RC-P25	*RC Fournel 2 Paysage 2*	Description des plis + engagement dans l'explication historique
RC-P26 / RC-P39	*RC Fournel 2 Paysage 3*	Niveaux de roches différentes + roche meuble
RC-P40 / RC-P44	*RC Fournel 2 Paysage 4*	Question roche meuble
RC-P45 / RC-P55	*RC Fournel 2 Paysage 5*	Niveau de roches différentes 2
RC-P56 / RC-P70	*RC Fournel 2 Paysage 6*	Bilan description paysage + invitation arrêt suivant
	GRANITE ET GNEISS	
RC-G01 / RC-G05	*Rc Fournel 3 Granite 1*	Prise de contact avec l'affleurement granitique
RC-G06 / RC-G17	*Rc Fournel 3 Granite 2*	Acide et lichen, méthodologie description
RC-G18 / RC-G34	*Rc Fournel 3 Granite 3*	Conditions et méthodologie de la description + détermination de la roche -> Granite
RC-G35 / RC-G47	*Rc Fournel 3 Granite 4*	Gneiss, granite et racine des montagnes
RC-G48 / RC-G60	*Rc Fournel 3 Granite 5*	Minéralogie du granite
RC-G61 / RC-G63	*Rc Fournel 3 Granite 6*	Minéralogie du gneiss
RC-G64 / RC-G66	*Rc Fournel 3 Granite 7*	Transition pour aller voir affleurement suivant
RC-G67	*Rc Fournel 3 Granite 8*	Invitation observation granite

Codage repère	*Titre*	Résumé
NUMMULITES 1		
RC-N101 / RC-N108	*RC Fournel 4 Num 1-1*	Le gros banc de calcaire
RC-N109 / RC-N117	*RC Fournel 4 Num 1-2*	Les fossiles visibles dans le gros banc calcaire
RC-N118 / RC-N131	*RC Fournel 4 Num 1-3*	Les nummulites
RC-N132 / RC-N136	*RC Fournel 4 Num 1-4*	Observation des nummulites
NUMMULITES 2		
RC-N201 / RC-N207	*RC Fournel 5 Num 2-1*	Peu profond
RC-N208 / RC-N218	*RC Fournel 5 Num 2-2*	Datation
RC-N219 / RC-N242	*RC Fournel 5 Num 2-3*	Lacune de secondaire
RC-N243 / RC-N264	*RC Fournel 5 Num 2-4*	Bilan histoire des nummulites
BAS DE LA CASCADE : LES MARNES/SCHISTES À GLOBIGÉRINES 1		
RC-BC01 / RC-BC07	*RC Fournel 6 Bas Cascade 1*	Introduction affleurement
RC-BC08 / RC-BC10	*RC Fournel 6 Bas Cascade 2*	Ardoise
RC-BC11 / RC-BC16	*RC Fournel 6 Bas Cascade 3*	Superposition
RC-BC17 / RC-BC20	*RC Fournel 6 Bas Cascade 4*	Terrains schisteux
RC-BC21 / RC-BC26	*RC Fournel 6 Bas Cascade 5*	Reprise paysage
RC-BC27 / RC-BC35	*RC Fournel 6 Bas Cascade 6*	Questionnement schiste
HAUT DE LA CASCADE : LES MARNES/SCHISTES À GLOBIGÉRINES 2		
RC-HC01 / RC-HC07	*RC Fournel 7 Haut Cascade 1*	Schiste en place
RC-HC08 / RC-HC09	*RC Fournel 7 Haut Cascade 2*	Objectif : trouver des indices
RC-HC10 / RC-HC15	*RC Fournel 7 Haut Cascade 3*	Faire parler la roche
RC-HC16 / RC-HC44	*RC Fournel 7 Haut Cascade 4*	Sédimentation marne
RC-HC45 / RC-HC59	*RC Fournel 7 Haut Cascade 5*	Marne à Globigérines
RC-HC60 / RC-HC63	*RC Fournel 7 Haut Cascade 6*	Plus profond !
RC-HC64 / RC-HC75	*RC Fournel 7 Haut Cascade 7*	Déformation schiste
RC-HC76 / RC-HC138	*RC Fournel 7 Haut Cascade 8*	Le schiste à la loupe
RC-HC139 / RC-HC162	*RC Fournel 7 Haut Cascade 9*	Des lignes de déformation
RC-HC163 / RC-HC174	*RC Fournel 7 Haut Cascade 10*	Direction de l'écrasement

Codage repère	*Titre*	Résumé
RC-HC175 / RC-HC195	*RC Fournel 7 Haut Cascade 11*	Sens de déplacement
RC-HC196 / RC-HC203	*RC Fournel 7 Haut Cascade 12*	Conclusion
PLIS DANS LE FLYSCH + FINAL		
RC-F01 / RC-F13	*RC Fournel 8 Final 1*	Présentation des plis dans le grès/flysch
RC-F14 / RC-F25	*RC Fournel 8 Final 2*	Observation des plis
RC-F26 / RC-F41	*RC Fournel 8 Final 3*	Description flics longs / flancs courts
RC-F42 / RC-F54	*RC Fournel 8 Final 4*	Modélisation sur le short
RC-F55 / RC-F66	*RC Fournel 8 Final 5*	Bilan modélisation
RC-F67 / RC-F77	*RC Fournel 8 Final 6*	Déformation chaine de montagne
RC-F78 / RC-F83	*RC Fournel 8 Final 7*	Synthèse méthode
RC-F84 / RC-F97	*RC Fournel 8 Final 8*	Relance gros banc calcaire approfondissement
RC-F98 / RC-F109	*RC Fournel 8 Final 9*	Briançonnais a poussé vers l'ouest
RC-F110 / RC-F134	*RC Fournel 8 Final 10*	Briançonnais ne pousse plus
RC-F135 / RC-F150	*RC Fournel 8 Final 11*	Enigme du briançonnais
RC-F151 / RC-F185	*RC Fournel 8 Final 12*	Projet chinois
RC-F186 / RC-F192	*RC Fournel 8 Final 13*	Problème Queyras
RC-F193 / RC-F209	*RC Fournel 8 Final 14*	Conclusion méthode en géologie

Transcriptions de la situation « Fournel RC »

RETRANSCRIPTION FOURNEL RC

INTRODUCTION	
[La géologie] c'est une discipline qui ne laisse pas toujours des souvenirs éblouis à la plupart des jeunes gens qui en font	RC-I01
c'était valable dans les années 70 et 80, ça l'est quand même moins , je l'espère aujourd'hui, depuis les années 80 surtout, milieu des années 80, 90 et 2000 et au delà,	RC-I02
parce que c'était une discipline que l'on considérait comme strictement descriptive	RC-I03
en réalité, la géologie c'est l'histoire de la terre, mais si vous voulez le souvenir que l'on a , ce sont des objets roches que l'on étudiait, on voyait ce qui avait dedans ce qu'il n' y avait pas dedans, et on essayait de trouver le nom de la roche	RC-I04
alors j'exagère volontairement parce qu'en réalité les professeur faisaient bien plus que ça, mais le souvenir qui en restait, c'était surtout des cailloux qu'il fallait étudier	RC-I05
et les cailloux c'est pas vivant et comme le prof il faisait aussi de la biologie, souvent les enfants préféraient un peu la biologie parce que c'est vivant	RC-I06
alors ceci n'est plus tout à fait vrai, du moins je l'espère, depuis qu'il y une espèce de théorie qui est un modèle, qui est aujourd'hui un mécanisme explicatif du fonctionnement de la terre	RC-I07
ce mécanisme il a été, comment dire, proposé au début du XXeme siècle par un météorologue allemand qui s'appelait Wegener	RC-I08
il a dit les continents se déplacent à la surface de la planète, ce qui évidemment a susciter beaucoup d'opposition	RC-I09
il a appelé ça la dérive des continents	RC-I10
et le terme lui-même était erroné mais peu importe il avait une idée selon laquelle les continents à un moment donné étaient tous rassemblés et se sont séparés	RC-I11
alors c'était un peu iconoclaste et ça n'a pas été très écouté, en tous cas les géophysiciens qui étudient le fonctionnement de la terre, la physique de la terre et bien avait beaucoup d'arguments pour dire que c'était pas possible de la façon dont Wegener le proposait	RC-I12
mais dans les années 60 c'est un théorie qui a été remise en honneur, et qui , de manière assez foudroyante, a conquit la plupart des géologues	RC-I13
et à la fin des années 60, la thèorie dite de la tectonique des plaques, et non plus la dérive des continents, a pris touts sa place, toute la place	RC-I14
~puis finalement les années ont passé, et ces années n'ont fait que conforté cette thèorie, qui est devenue un véritable mécanisme, que les géologue et les géophysiciens admettent volontiers	RC-I15
~et qui fait une unicité des sciences de la terre	RC-I16
parce que avant souvent y a avait des gens qui étudiaient les volcans, ceux qui étudiaient les séismes, les roches, et finalement y avait pas trop de cohérence entre ces différentes parties de la géologie	RC-I17
aujourd'hui grâce à la tectonique des plaques c'est le cas	RC-I18
voilà un petit peu un petit rappel historique	RC-I19
aujourd'hui vous êtes venus ici, à l'invitation de la mairie de l'Argentière, qui finance, qui donne une subvention de 300 euros à mon association et en contre partie on fait deux sorties géologiques, une au mois de juillet et une au mois d'aout	RC-I20
c'est donc à la mairie de l'Argentière que vous devez cette invitation gracieuse, et je l'espère, intéressante	RC-I21
alors on va faire un peu de géologie	RC-I22
à la fois on va travailler sur la forme et sur le fond	RC-I23

c'est à dire qu'on va essayer d'atteindre un objectif, que je vais vous préciser	RC-I24
un objectif précis de connaissances	RC-I25
un petit point précis de connaissances	RC-I26
mais pour cela on va mettre en œuvre des méthodes	RC-I27
et les méthodes c'est ce qui est de loin, pour moi et pour les professeurs en général, le plus important	RC-I28
parce que les connaissances on les oublie, sauf si on les pratique au quotidien, bon les élève vont pas pratiquer au quotidien de la géologie	RC-I29
par contre les méthode on espère qu'ils les retiendront pour les appliquer à tous moment dans divers domaines de la vie courante	RC-I30
pas simplement la vie scolaire	RC-I31
donc des méthodes d'appréhension des objets de façon à pouvoir les exploiter	RC-I32
en effet, je viens d'utiliser deux mots, des objets et leur exploitation	RC-I33
la géologie pour raconter l'histoire de la terre, ou un petit moment de l'histoire de la terre, tout ce qui est autour de nous ce sont des objets, et les objets ce sont les roches	RC-I34
alors évidemment les objets ne sont pas tous les mêmes, les roches sont différentes~»3K«~et les objets ne se répartissent pas au hasard dans l'espace	RC-I35
les objets ont une histoire, une histoire de naissance de ces objets,leur propre naissance, mais ils ont aussi une histoire ultérieure, c'est à dire qu'ils on été mis en place t ensuite déplacés	RC-I36
ils sont pas resté statiques	RC-I37
à l'instar des continents qui se sont déplacés, des plaques plutôt qui se sont déplacées, et bien les objets se déplacent	RC-I38
alors à une vitesse qui n'est pas perceptible à l'oeil humain	RC-I39
néanmoins on dispose d'objet , et une fois que ces objets on les a décris, on les décris pour eux-mêmes et leur géométrie, c'est à dire leur répartition dans l'espace	RC-I40
une fois qu'on a décris les objets et leur géométrie, et bien on va essayer d'exploiter ces objets	RC-I41
les exploiter , c'est à dire , leur faire dire ce qu'ils ont enregistrer	RC-I42
ces objets en effet enregistrent les conditions de leur dépôt, de leur mise en place, de leur naissance, et enregistre aussi les événements qui ont concouru à leur mise en place définitive	RC-I43
provisoirement, définitif pour nous	RC-I44
aujourd'hui dans les paysages	RC-I45
donc tout les travail du géologue ça va être d'utiliser des méthodes de lecture des objets pour pouvoir les epxloiter en terme de dynamique d'événements	RC-I46
vous voyez, il faut plus que vous voyez, que vous regardiez, que vous étudiez , que vous décriviez des roches comme des roches bon qui sont dures, pas dures, elle font effervescence à l'acide ou pas ,elle font pas effervescence à l'acide, y a des cristaux, y a pas de cristaux, c'est pas ça	RC-I47
ça c'est la première étape~, il faut le faire	RC-I48
mais surtout c'est dans l'objectif de dire mais qu'est-ce que tu as me dire	RC-I49
qu'es-ce que tu as enregistré~ qui vaille le peine pour moi d'être connu	RC-I50
parce que si tu me racontes ce qui s'est passé au cours de ta naissance, depuis que tu es né, ce qui s'est passé	RC-I51

et bien je vais pouvoir raconter une histoire	RC-I52
c'est ça le coté pédagogique que l'on essaye de donner à notre enseignement	RC-I53
c'est ce coté un peu magique, c'est de faire passer des objets statiques, à une histoire dynamique	RC-I54
c'est un petit peu la gageure que l'on va essayer d'atteindre ce matin	RC-I55
alors avec des objectifs limités	RC-I56
mais ambitieux	RC-I57
si j'y arrive tant mieux	RC-I58
Si j'y arrive pas, vous m'excuserez	RC-I59
alors jsute un petit mot sur l'intérêt de travailler dans une chaine de montagne	RC-I60
où que l'on soit c'est intéressant de travailler	RC-I61
pourquoi c'est plus intéressant dans une chaine de montagne ?	RC-I62
et bien dans une chaine de montagne, c'est intéressant parce que dans le chaine de montagne, il y a la récapitulation de tout ce qui de passe au cours du fonctionnement de la planète~ en surface	RC-I63
alors j'ai ici (panneau)	RC-I64
alors ça a l'air un peu compliqué comme ça mais je vais essayer de le débroussailler suffisamment pour que l'on puisse exploiter...voilà ..	RC-I65
.alors il y a généralement pour aboutir à la chaine de montagne, ...aujourd'hui nous on est dans les Alpes, c'est là	RC-I66
on est ici, dans ce secteur des Alpes	RC-I67
donc ça c'est la Alpes et on est en Europe	RC-I68
et ça c'est l'Afrique , on est en Italie	RC-I69
au delà de la frontière, de la plaine du Pô, on est en Italie	RC-I70
bon ici c'est le Queyras	RC-I71
et là et bien c'est le secteur où nous nous trouvons	RC-I72
dans la partie occidentale de la chaine alpine	RC-I73
alors, comment en est-on arrivé là~?	RC-I74
sur le plan théorique global	RC-I75
et bien sur le plan théorique global, les géologues imaginent que à l'origine il y avait un seul continent	RC-I76
et que ce continent était plat	RC-I77
et il était recouvert d'une immense étendue d'eau mais très peu profonde	RC-I78
et il s'enfonçait progressivement avec de l'eau qui le 6Arecouvrait en permanence	RC-I79
il y a , sans entrer dans les détails, des forces internes au globe, qui ont provoqué l'étirement de ce continent	RC-I80
donc un continent, la Pangée, un immense océan le Panthalassa	RC-I81
on tire, enfin, des forces internes au fonctionnement de la planète, étirent le continent et vous voyez que les continents qui étaintt comme ça, s'étirent,	RC-I82

avec sa partie supérieure, qui est rigide, vous voyez cette partie rouge, et cette partie marron foncé, ça c'est de la croute terrestre, ça c'est le manteau terrestre	RC-I83
et bien évidemment ça s'étire et ça se fracture	RC-I84
et vous voyez que cet étirement amincit considérablement la partie croute et manteau supérieur rigide, qui finalement vont se déchirer	RC-I85
à force de tirer, vous fracturez	RC-I86
vous déchirez la croute, vous déchirez la partie superficielle du manteau~manteau supérieur	RC-I87
et à ce moment là, le manteau qui est en dessous, le manteau superficiel, plus inférieur si vous voulez, le manteau ici, celui là, celui qui est marron clair	RC-I88
ce manteau se met à fondre et i fabrique un océan	RC-I89
donc vous aviez un continent, vous l'étirez, vous le déchirez, et le manteau fond , vous fabriquez un océan	RC-I90
évidemment vous allez avoir deux continents	RC-I91
alors j'ai mis des couleurs différentes, tout reste rouge, c'est toujours de la croute terrestre, mais c'est pour distinguer la partie Europe de la partie Afrique	RC-I92
et puis suite de l'histoire telle qu'elle nous est proposée par les géologues	RC-I93
et bien les deux continents à un moment donné vont inverser ce mouvement d'ouverture océanique, vous allez avoir rapprochement des continents	RC-I94
et lorsque vous rapprocher des continents, le fond océanique qui est en vert ici, va disparaitre	RC-I95
alors il va passer sous l'Afrique , il pourrait passer sous l'Europe	RC-I96
il s'avère que les roches nous racontent qu'il s'est passé un phénomène de subduction, d'enfoncement de cet océan sous l'Afrique	RC-I97
et vous allez me dire mais pourquoi dessous, tout simplement parce que les roches vertes là, les roches océaniques sont plus denses, 2,9, que les roches continentales ont une densité de 2,7 à 2,8	RC-I98
donc la gravité est une loi universelle, il est évident que les roches plus denses passent dessous, et s'enfoncent	RC-I99
et il est évident que lorsque vous continuez le rapprochement, à un moment donné vous allez faire disparaître complètement cet ancien océan	RC-I100
et vous allez aller vers la collision du continent	RC-I101
et cette collision du continent se traduit par la formation d'une chaine de montagne	RC-I102
si vous voulez raconter l'histoire totale, c'est pas en allant dans un océan que vous aurez l'histoire totale, c'est pas en allant dans l'océan en train de mourir, c'est pas allant dans la croute en train de s'étirer, c'est en allant à la fin de l'histoire	RC-I103
c'est dans la chaine de montagne que vous pouvez trouver tous les vestiges de l'histoire	RC-I104
ils ont pu être enregistré, fossilisés	RC-I105
donc l'intérêt de venir dans un chaine de montagne c'est parce que on a là une histoire complète à retrouver	RC-I106
et bien nous notre travail ça va êtrede retrouver, de travailler dans cette chaine de montagne, de retrouver ce mouvement de rapprochement général	RC-I107
et d'essayer à la faveur de cette petite sortie, de montrer que effectivement pour la formation de chaines de montagne, y a des mouvements de rapprochement qui sont enregistré par les roches	RC-I108
c'est ce que l'on va essayer de faire, on va essayer de mettre en évidence un mouvement de rapprochement, un mouvement de collision	RC-I109
de manière à générer des reliefs des chaines de montagne	RC-I110

alors je vous ai apporté, vous pouvez le prendre avec vous ou bien le laisser dans votre véhicule, un petit document qui raconte globalement ce que je viens de vous dire	RC-I111
c'est l'histoire géologique des Alpes, avec vous le voyez des blocs diagrammes un petit peu plus simples, que ceux qui sont ici, mais ils sont tout à fait valables	RC-I112
vous avez donc l'histoire, les blocs diagramme, la géographie, et puis le temps	RC-I113
donc ur ce document vous avez toute l'histoire, avec les épisodes, le temps, ce qui se passe au niveau de la géographie, des continents, de la Pangée aux Alpes finalement	RC-I114
ensuite les petits blocs diagrammes, et là ce qui se raconte, ce qui traduit ... le texte qui correspond à ces blocs diagramme	RC-I115
étant bien entendu que nous on travaille ici	RC-I116
on est d'accord, on est dans cette partie là dans ce mouvement de rapprochement	RC-I117
et puis de l'autre coté vous avez une carte et puis quelques informations sur le géoparc	RC-I118
nous donc par rapport à la carte, on se situe dans un secteur qui est très, très très particulier	RC-I119
on est ici dans ce secteur là, y a le rouge des grands massifs alpins et puis vous avez du saumon et puis du blanc, et bien on est à la limite entre le blanc et le saumon	RC-I120
donc on va essayer d'illustrer l'épisode de collision, essayer de retrouver les mouvements tels qu'il se sont pratiqués au cours de l'histoire qui a abouti à ce paysage	RC-I121
PAYSAGE	
à l'échelle également plus fine des croute et des terrains que nous allons rencontrés	RC-P01
alors les objets on les regardera quand on sera dessus, mais d'abord les paysages	RC-P02
alors quand vous regardez le paysage , en regardant ici franchement vers l'ouest	RC-P03
de part et d'autre de cette vallée	RC-P04
qu'est-ce que c'est qui vous frappe ?	RC-P05
quel élément de description vous pouvez donner, ...on voit des strates, oui,	RC-P06
alors y-a-t'il des strates partout ?	RC-P07
il y en a que l'on remarque très très bien c'est là haut	RC-P08
on les voit bien là, on les voit aussi ici	RC-P09
de part et d'autre de la vallée, on voit des strates	RC-P10
alors souvent les strates pour les géologues, ça évoque des dépôts, dans des bassins plus ou moins profonds, pas forcément 5000 m de profondeur, ça peut être dans 20 cm d'eau, hein	RC-P11
ce sont des roches sédimentaires, puisqu'elles se forment par dépôt par sédimentation, dans un bassin	RC-P12
donc on a des strates mais est-ce que en dehors de celles qui se remarquent très bien, est-ce que l'on a autre chose, un peu plus bas ?	RC-P13
alors les strates effectivement ne sont pas monotones, elles sont affectées de plis,	RC-P14
alors c'est une remarque qui est d'emblée intéressante parce qu'on se dit il a fallut d'abord former la roche, la strate et puis après il a fallut la déformer	RC-P15
déjà dans ce que dit Mme, il y a une dynamique	RC-P16

je fabrique les roches et puis après je les déforme	RC-P17
il y a donc au moins deux épisodes	RC-P18
qui sont lisibles dans le paysage	RC-P19
lisibles du point de vue statique	RC-P20
je vois des roches qui sont plissées	RC-P21
il a fallu former les roches, les fabriquer, et ensuite il a fallut les déformer	RC-P22
nous on va essayer de raconter un petit peu le processus de fabrication des roches	RC-P23
et celui de la déformation dans le contexte de la collision	RC-P24
que nous avons annoncer comme étant l'objectif de notre travail	RC-P25
en dehors de ces roche plissées, stratifiées, est-ce que vous voyez autre chose ?	RC-P26
tant q'un coté que de l'autre ?	RC-P27
oui il y a des roches plus meubles là , on a l'impression que en dessous des roches stratifiées, d'un coté et de l'autre on a des secteurs qui sont herbeux	RC-P28
on le voit, des secteurs qui sont herbeux, dans la vallée, et là aussi	RC-P29
et qui dit secteur herbeux dit quoi ?	RC-P30
dit sol	RC-P31
forcément si vous avez de l'herbe ce qu'il y a un sol	RC-P32
mais pour faire un sol il fallu sans doute détruire un petit peu la roche	RC-P33
car sur la roche en tant que telle il pousse pas grand chose	RC-P34
il faut qu'il y ait un sol pour qu'il ait de l'herbe il faut que ce sol retienne de l'eau et qu'il y ait des particules, qui sont le produit de l'érosion, de la destruction des objets sur lesquels est posé ce sol	RC-P35
donc forcément sous ce sol, sur lequel il y a de l'herbe, il y a une roche différente des autres	RC-P36
parce que sinon tout serait pareil	RC-P37
déjà on se dit qu'il y a une autre catégorie de roche que ces roche stratifiées, plissées	RC-P38
on y voit pas grand chose en dessus par contre en dessous, on a un horizon, un niveau, que l'on retrouve d'un coté et de	RC-P39
l'autre de la vallée, qui est un niveau de roche sans doute plus meuble, plus facile à éroder, plus fragile on va dire	RC-P40
∂Question : émiettement des roches sup ...	RC-P41
ça peut être ça , c'est à nous d'aller voir, c'est plus simple oui, mais disons que ce qui serait étonnant , c'est que si ces roches au dessus ont été érodées, si elles constituaient aussi ce niveau là et bien elle resteraient et l'émiettement se ferait plus bas, on peut envisager qu'il y a quand même une rupture, mais bon encore une fois, rien de ce que nous disons ne doit être accepté tel quel, on doit aller le vérifier	RC-P42
voir si c'est du matériel différent	RC-P43
ou bien voir si c'est du matériel qui est la produit de l'érosion du matériel qui est en dessus	RC-P44

et puis est-ce qu'il y a autre chose que vous pouvez voir ?	RC-P45
voilà y a un autre niveau de roche qui a l'air un peu plus solide	RC-P46
aussi bien d'un coté sous la partie herbeuse que de celui là	RC-P47
on a l'impression qu'on a un matériel qui lui, résiste davantage	RC-P48
et qui constitue le fond de la vallée	RC-P49
alors regardons en face, plus loin	RC-P50
on voit que , il y a ce matériel qui résiste	RC-P51
puis l'on a le matériel herbeux	RC-P52
et puis on a ces strates qui sont plissées	RC-P53
puisque nous avons dit que c'était la même chose de l'autre coté, regardons de ce coté là, plus près, on a nos strates plissées, on a notre matériel herbeux	RC-P54
et puis qu'est-ce qu'on a en dessous, ...on a un espèce de niveau qui à l'air d'être résistant	RC-P55
il est là, donc c'est lui que l'on va commencer par aller regarder	RC-P56
vous voyez là où il y a l'espèce de petite cascade qui ruisselle, vous avez ce matériel qui à l'air assez épais, assez solide, et puis en dessous, y a peut être quelque chose à regarder, que nous allons voir	RC-P57
voir un petit peu pour décrire les objets	RC-P58
donc si on résume la description	RC-P59
on a dessous un relief qui à l'air d'être assez	RC-P60
résistant , des roches assez résisatntes	RC-P61
puis un niveau qui à l'air d'être moins résistant, ou qui est le produit de l'érosion du matériel N°3, celui qui est tout en haut	RC-P62
et qui est un matériel formé de strates, qui se plisse , qui sont plissées	RC-P63
donc voilà, notre objectif n°1, notre travail n°1, c'est de décrire les objets	RC-P64
on les décris et si on peut les faire parler tout de suite, on les fait parler tout de suite	RC-P65
et chacun nous délivrera un morceau de message	RC-P66
aucun d'entre eux ne délivrera l'ensemble des messages	RC-P67
chaque roche nous donnera un élément du puzzle	RC-P68
le puzzle dont la totalité sera une histoire à raconter, voilà	RC-P69
alors on va y aller	RC-P70
GNEISS ET GRANITE	
cette partie que nous avons décrite de loin en disant ben ça donne un relief, par dessus laquelle en principe nous allons retrouver la partie herbeuse, hein, énigmatique, puisqu'on a deux possibilités	RC-G01
ou bien c'est du matériel du dessus qui est érodé et qui s'est accumulé	RC-G02
ou bien c'est du matériel qui s'érode sur place, plus facilement que les autres terrains que nous parcourons et qui eux donnent des reliefs	RC-G03

alors plus précisément on a cette partie là et puis on a celle qui est en dessus, qui fait une espèce de gros banc on va dire, c'est pas une petite strate c'est un gros banc	RC-G04
est-ce que c'est la même chose et bien, y a tout de suite quelque chose qui va nous frapper sur cette roche et ceci pour dire que le géologue va utiliser tous les moyens à sa disposition, il va utiliser l'acide	RC-G05
vous savez qu'avec l'acide on essaie de détecter si ces roches sont calcaire ou pas, alors on peut faire un essai	RC-G06
on se rend compte que celle-la n'est pas calcaire du tout	RC-G07
mais l'expérience du géologue, ...le géologue est économe, il n'a pas des crédit immenses à sa disposition alors il va dire, je mets l'acide pour faire plaisir à ceux qui voient, surtout pour démontrer	RC-G08
avec une classe de lycée on fait la démonstration totale	RC-G09
même si la présence de ce lichen est pour moi suffisante	RC-G10
parce que c'est un lichen qui ne pousse pas sur les roches calcaires	RC-G11
donc déjà j'aurais pu économiser mon acide, mais il vaut mieux toujours le démontrer plutôt que de dire et pas faire	RC-G12
donc vous avez une roche qui est ici qui est non calcaire	RC-G13
dans la mesure où vous avez là ce lichen qui est le rhizocarpe géographique, qui est un lichen jaunâtre avec un petit liseré sombre autour, ce qui fait comme une carte de géographie	RC-G14
et qui signe une roche non calcaire	RC-G15
c'est un lichen pour lequel le carbonate de calcium est un véritable poison, donc il pousse pas	RC-G16
si vous voyez du calcaire, il n'y aura jamais ce lichen dessus, ou alors c'est parce qu'à l'intérieur de votre calcaire y a un nodule qui ne l'est pas	RC-G17
un nodule de silex par exemple sur lequel il pourrait y avoir ce lichen	RC-G18
alors maintenant on rentre dans un exercice extrêmement difficile qui est d'essayer de déterminer la nature de cette roche	RC-G19
alors on va se rapprocher, on va essayer de trouver des endroits, où la roche soit acceptable à la description	RC-G20
et pour cela effectivement il faut pas qu'il y ait trop de lichen dessus	RC-G21
pas trop de mousse, pas trop de terre, pas trop de patine, et c'est vrai que ça n'est pas facile ici, parce que c'est une roche qui est assez altérée	RC-G22
et qui n'a pas généralement dans ces conditions là des critères de détermination faciles	RC-G23
ce que l'on peut voir, je ne veux pas donner de coups de marteau puisqu'on est en limite du parc des Ecrins	RC-G24
et d'une manière générale on essaye d'éviter de donner des coups de marteau	RC-G25
mais peut trouver par endroits, des alignements de minéraux	RC-G26
alors je vous l'indique avant, pour que vous cherchiez des endroits privilégiés, où on peut voir des espèces de petits lits, comme par exemple ici	RC-G27
il y a des sortes de petits lits alternativement clairs et sombres	RC-G28
dans ce secteur là , par exemple ici	RC-G29
alors vous pouvez en chercher ailleurs à des endroits qui soient un petit peu dégagés	RC-G30
et on peut voir des lits de minéraux qui sont clairs et des mineraux sombres	RC-G31

alors évidement le géologue va utiliser la loupe, souvent il casse, il essaye de trouver un endroit bien frais	RC-G32
pour trouver un endroit bien frais, il faut casser assez profond, car il faut enlever la patine	RC-G33
et ça c'est pas trop recommandé quand on ... enfin le géologue lui même pour son travail peut le faire mais généralement on essaye de trouver un endroit où on voit	RC-G34
mais c'est de manière très très fruste, ces éléments	RC-G35
est-ce que vous avez déjà vu des roches où vous avez des lits clairs et sombres comme ça ?	RC-G36
des petits lits clairs et sombres	RC-G37
(des gneiss)	RC-G38
oui des gneiss effectivement	RC-G39
Il s'agit ici d'un gneiss	RC-G40
alors qu'est-ce que c'est qu'un gneiss, tout le monde n'a pas peut être le souvenir de ce que c'est qu'un gneiss	RC-G41
c'est une roche extrêmement fréquente, mais dans les chaine de montagne, vous allez en trouver beaucoup dans le massif armoricain	RC-G42
	RC-G43
vous allez me dire mais attendez, dans le massif armoricain y a plus de relief, .	RC-G44
..mais vous avez la racine du relief	RC-G45
et dans laquelle vous allez trouver cette roche que les géologues qualifient de roches du socle continental	RC-G46
c'est à dire les vieilles roches continentales sont faites de gneiss et de granite	RC-G47
le granite c'est quelque chose qui nous interpelle davantage	RC-G48
parce que le granite on en voit tellement des rues pavées avec des granites, que on sait ce que c'est	RC-G49
c'est une roche faite de cristaux, qui sont jointifs, alors y a tois types de cristaux, fondamentalement, il y a la silice, le quartz, qui est bien caractéristique dans les granites et qui est présent	RC-G50
le granite c'est 70 % de silice	RC-G51
et qui se traduit par du quartz , hein	RC-G52
du quartz ça ressemble à de la mine de crayon, ça a un éclat un peu gras, c'est translucide gras	RC-G53
et puis vous avez des feldspaths , ils sont généralement blancs	RC-G54
souvent ils ont un peu vécu ils ont des petites cochonneries dedans,et ils ont été altérés, ils peuvent être un peu rosés, un petit peu verdâtres, un peu bon ... des teintes qui sont pas toujours très très blanches	RC-G55
et puis vous avez un dernier élément, des petites paillettes qui brillent, c'est du mica	RC-G56
souvent, quartz et feldspathet des micas, des petites paillettes qui brillent,souvent c'est des paillettes noires, il peut y avoir des paillettes blanches aussi il y a du mica noir et du mica blanc	RC-G57
ça c'est le granite, les cristaux sont jointifs, c'est une roche magmatique, ça veut dire refroidissement d'un magma	RC-G58
quand un magma refroidit lentement, les cristaux ils poussent	RC-G59
jusqu'à ce qu'il y ait plus de magma, qu'il y ai plus que des cristaux qui sont jointifs les uns avec les autres, et y a ces trois sortes de cristaux	RC-G60

et bien le gneiss, c'est ... minéralogiquement c'est la même chose simplement vous avez des lits de minéraux clairs, alors le Q et le feldspath	RC-G61
et des lits de minéraux sombres le micas	RC-G62
ce qui fait que l'on ces alternances, ou pseudo alternances qui sont pas ↑d'origine , qui sont simplement↑ l'évolution du granite qui a été déformé, un peu aplati, étiré, et qui va donner ces roches feuilletées, ces roches foliées, y a plusieurs expressions, litées, des lits de Q Feldspath clairs et des lits de mica sombres	RC-G63
voilà donc on a peu d'endroits, on peut essayer de marcher un petit peu le long de cette micro-falaise, comme ça on va pouvoir passer de l'autre coté, on va monter, ... on va monter dans la petite combe qui est là-bas, mais on passerapar en-dessous, ce sera plus facile pour nouspasser par en-dessous pour monter	RC-G64
...	RC-G65
et pour aller voir le gros banc	RC-G66
mais avant cela, prenez un peu de temps, pour essayer de voir si par endroits, on reconnaît un petit peu mieux que sur cet endroit un peu fruste, le gneiss	RC-G67
CALCAIRE À NUMMULITES 1	
sous sommes en face de ce gros banc, alors ce gros banc, je vois pas de lichen, donc je me dis c'est peut être du calcaire mais c'est pas forcément du calcaire hein	RC-N101
disons que l'absence de preuve n'est ce pas n'est pas une preuve	RC-N102
voilà je vais le mettre ici, bon ben ça fait pas beaucoup effervescence, si un petit peu	RC-N103
ça fait un petit peu effervescence, je vais le mettre là	RC-N104
là ça fait pas mal effervescence, on le voit	RC-N105
donc ça dépend des endroits mais globalement c'est un roche qui est tout à fait calcaire	RC-N106
voyez, tout le monde voit ?	RC-N107
donc ça c'est une roche calcaire, donc là on a un gros banc calcaire	RC-N108
on a un gros banc calcaire et puis vous voyez peut être derrière moi, je les cache, y a des petits ronds blancs qui ont été faits au blanco, parce que dedans il y a des fossiles à voir	RC-N109
alors ce sont des fossiles tout petits	RC-N110
et non seulement ils sont tout petits mais en plus ils sont déformés	RC-N111
donc j'ai apporté une loupe, pour ceux qui souhaiterons les regarder	RC-N112
alors une loupe c'est un objet précieux, le mien est encore plus précieux, pas parce que c'est le mien, mais parce que c'est un cadeau et en plus un cadeau qui est assez remarquable par le fait , y a la loupe et puis y a un petit éclairage, ce qui fait que quand on est ...alors faut que je trouve ...y a un éclairage qui est un éclairage blanc, et un éclairage qui est un éclairage violet, parce que y a certains minéraux qui se déterminent que comme ça, mais nous on va se servir du seul blanc	RC-N113
donc là c'est bien parce que ça évite d'avoir le soleil, il suffit de coller,...alors ça c'est très important, on colle l'oeil, et puis on va se rapprocher comme ça, on va pas essayer de mettre la loupe sur l'objet, donc voyez je vais me pencher...	RC-N114
il y a un objet à voir c'est un petit point qui est plus gris, je colle, je m'approche, et la je vois un magnifique objet	RC-N115
qui est un fossile	RC-N116

et là avec la lumière c'est extraordinaire , parce que sans lumière on verrait pas bien, avec la lumière c'est extraordinaire	RC-N117
alors ça ressemble à quoi	RC-N118
c'est ce que peut être certaines personnes d'entre vous connaissent et surement, c'est ce que les géologues appellent les nummulites	RC-N119
c'est une espèce de petite spirale, avec des petites ...ce sont des petites cavités, mais c'est d'anciennes cavités ça fait des petits points sombres comme ça	RC-N120
ça vous fait comme une pièce de monnaie	RC-N121
plus ou moins ronde, avec des petits points	RC-N122
et surtout ici ce que l'on voit, ces nummulites au lieux d'être bien rondes, sont légèrement aplaties	RC-N123
et ça n'est pas une observation anodine	RC-N124
elles sont ces nummulites, marqueuses de paléoenvironnements	RC-N125
elles signifient quelque chose	RC-N126
on va le dire	RC-N127
ensuite le fait qu'elles soient aplaties a une autre signification	RC-N128
vous voyez que le fossile lui-même il a deux sens	RC-N129
le sens que sa présence va nous donner une indication quant aux conditions dans lequel le bassin existait, si c'était un bassin profond , pas profond, très profond	RC-N130
et ensuite si c'est déformé c'est qu'il est arrivé quelque chose, si elles sot écrasées, il leur est arrivé quelque chose	RC-N131
donc est-ce qu'il y en a qui veulent venir regarder, ...alors les plus jolies, la plus jolie, à mon sens, c'est celle-ci, celle-là est un petit peu écrasée, je vais regarder là parce que c'est plus facile	RC-N132
celle-là est pas mal mais c'est celle-là qui est la plus jolie	RC-N133
tu veux essayer, ...tu vas voir une petite tâche noire et ça fait une petite bête, enfin c'est ce qu'on qualifie comme une petite bête, tu la vois ?	RC-N134
on la devine, à l'oeil nu on la devine et à la loupe...	RC-N135
ceux qui souhaitent venir voir...	RC-N136
CALCAIRE À NUMMULITES 2	
n'ayons pas peur de dire les mots tels que les géologues les utilisent, on dit que ce sont des animaux, du plancton, donc microscopique, un petit peu plus que microscopique, millimétrique, et qui sont benthiques	RC-N201
c'est à dire qu'ils vivent sur le fond	RC-N202
mais pas sur des fonds très profonds	RC-N203
donc leur présence témoigne d'un bassin qui est faiblement profond, on va dire, on va pas dire à fleur d'eau mais faiblement profond	RC-N204
les nummulites sont caractéristiques de ce milieu	RC-N205
donc vous voyez que la nummulites nous dit oh mais grâce à moi tu peux raconter à tout le monde que le bassin dans lequel s'est déposé ce calcaire était un bassin faiblement profond	RC-N206
donc y a une tranche d'eau de quelque m à quelques dizaines de mètres	RC-N207

(de l'eau de mer?) alors oui on peut le dire, à la présence d'animaux, oh c'est du plancton, c'est un plancton marin, donc on peut dire que c'est la mer qui est là, on a un bassin, ...	RC-N208
(et on peut dire à quelles époque ...) alors l'époque, c'est une époque qui est calée par soit les fossiles, soit par de la radiochronologie	RC-N209
parce que y a une roche volcanique qui a traversé des terrains et on peut les dater de manière beaucoup pus fine	RC-N210
mais là c'est de l'ordre de 40 MA	RC-N211
c'est de l'éocène	RC-N212
on est au cours du tertiaire	RC-N213
on est à l'éocène, 40 , 50 MA	RC-N214
voilà donc c'est une indication intéressante	RC-N215
sur le socle	RC-N216
alors le socle lui, il est , ...il a pas d'âge, il est vieux	RC-N217
il est de l'ère primaire	RC-N218
et là c'est quand même bizarre	RC-N219
on se retrouve d'emblée par dessus les terrains du socle de l'ère primaire, par des terrains du teriaire	RC-N220
où est passé le secondaire ?	RC-N221
il est pas là, y en a plus	RC-N222
y en a pas	RC-N223
alors est-ce qu'il y en a jamais eu ?	RC-N224
s'il y a eu des terrains de l'ère secondaire, on en connait beaucoup dans d'autre régions, et bien c'est qu'ils ont été décapé par l'érosion	RC-N225
ils ont existé et ils ont été décapés	RC-N226
ou alors ils ont jamais existé	RC-N227
(mais alors dans cette hypothèse vous trouveriez quoi à la place de ce qui a été érodé) ben on trouve rien justement, c'est là le message...	RC-N228
mais la géologie... (dessous vous trouveriez quelque chose)	RC-N229
sous quoi ?	RC-N230
(sous ce secondaire qui n'y est plus)	RC-N231
et ben on a le socle	RC-N232
le socle il est primaire	RC-N233
l'ère primaire c'est le socle	RC-N234
et par dessus le socle vous avez l'ère tertiaire	RC-N235
toute l'ère secondaire, ...l'ère secondaire ça va quand même l'ère secondaire de 250 MA à 60 MA	RC-N236
ben y a rien !	RC-N237
alors que dans le briançonnais, y a 1500 m d'épaisseur de terrain	RC-N238

et là y a rien	RC-N239
donc on voit manifestement le socle du coté ouest, c'est à dire le socle tel qu'on le voit ici, la partie occidentale, c'est à dire la partie externe, dauphinoise des Alpes, et bien sur le socle y a plus d'ère secondaire visible	RC-N240
ici en tout cas on voit pas de terrains secondaires visibles	RC-N241
voilà, alors cette indication c'est que par dessus ce socle, les terrains de l'ère secondaire ont été décapés	RC-N242
et puis ce socle s'est retrouvé ennoyé par de l'eau	RC-N243
un bassin peu profond au début	RC-N244
ce bassin peu profond a vu se déposé quelque dizaines de m de calcaire	RC-N245
ça fait un gros...ça fait une belle épaisseur quand même	RC-N246
m'enfin, quelques dizaines de m de calcaire	RC-N247
dans lequel on a vu ces nummulites	RC-N248
et ces nummulites nous disent : pas profond	RC-N249
et en plus elles nous disent : oui mais à un moment donné, y quelqu'un qui m'a marché dessus, et oui parce qu'elles sont un petit peu écrasées	RC-N250
un peu, elles sont pas complètement étirées, très finement, on les voit quand même, ceux qui les ont regardées	RC-N251
mais elle sont légèrement écrasées	RC-N252
alors évidemment pour dire ça les géologues en ont regardé des dizaines, des centaines des milliers	RC-N253
et la statistique montre que effectivement, il y a quelque chose qui les a écrasé	RC-N254
enfin, un événement est intervenu qui a déformé, aplati un petit peu ces nummulites	RC-N255
un peu comme si vous aviez un gâteau avec des pépites de chocolats et et que avez pressé un petit peu avec la main	RC-N256
et ben vous les avez, les pépites vous en avez faits des lentilles, bon voilà c'est plus tout à fait	RC-N257
donc c'est quand même quelque chose qui est indicateur	RC-N258
il s'est passé quelques chose	RC-N259
une fois que le bassin a reçu ses calcaires avec ses nummulites	RC-N260
qu'est-ce qui s'est passé après	RC-N261
il s'est passé un événement postérieur qui ...les a un peu écrasé, voilà	RC-N262
mais le message de cette roche : à un moment donné, j'ai été déformé	RC-N263
alors nous allons voir la suite	RC-N264
BAS CASCADE : MARNES/SCHISTES À GLOBIGÉRINES 1	
avec ce calcaire à nummulites, les nummulites sont un petit peu déformées, aplaties	RC-BC01
la suite ben c'est la partie herbeuse, vous la voyez elle est là	RC-BC02
alors cette partie herbeuse vous la retrouvez de l'autre coté	RC-BC03

et comme la nature fait bien les choses	RC-BC04
l'érosion par une cascade, par un petit ruisseau, met à nu les terrains qui sont recouverts par l'herbe	RC-BC05
donc il va falloir simplement remonter un petit peu ce ruisseau pour aller trouver les terrains que vous voyez, grisâtres là,	RC-BC06
et qui se caractérisent par , regardez à mes pieds parce que ce sont les mêmes, mais on va aller les voir sur place	RC-BC07
regardez, comment vous appelez ce terrains qui se débitent en petit feuillets~?	RC-BC08
des schistes, de l'ardoise, bravo, de l'ardoise, donc on a des terrains ici ardoisiers	RC-BC09
donc on a des terrains qui sont différents du précédent	RC-BC10
et qui sont en dessus, donc ils sont ...plus vieux ou plus récents~?	RC-BC11
plus récents~!	RC-BC12
puisque les géologues sont des gens frustes, capables d'utiliser les ordinateurs, mais aussi applicant des principes simples	RC-BC13
en disant lorsqu'on a des terrains déposés les uns en dessus des autres~, il est logique de penser que les plus anciens sont dessous, ils se sont déposé les premiers	RC-BC14
et les plus récents sont dessus	RC-BC15
sauf phénomène de bouleversement qu'on pourrait élucider	RC-BC16
là, on a donc à la place de cette herbe, donc les terrains herbeux c'est plus des terrains herbeux, ce sont des terrains schisteux	RC-BC17
et on va voir ces terrains schisteux, on va monter, puisque là ce sont manifestement des blocs qui ont dégringolé	RC-BC18
le géologue veut être honnète, il veu voir les roche en placeil travaille pas dans les éboulis	RC-BC19
sauf lorsque c'est pas possible autrement, et que le terrain est inaccessible»	RC-BC20
donc on va monter un petit peu, mais avant de voir ces roches schisteuses	RC-BC21
est-ce que vous remarquez bien en dessus les bancs, les strates plissées	RC-BC22
bon on voit pas bien qu'elles sont plissées	RC-BC23
vous les voyez bien	RC-BC24
donc on est bien dans notre paysage, le socle, les calcaires à nummulites écrasées, les schistes, on parlera plus de terrains herbeux, la zone schisteuse,	RC-BC25
et puis par dessus, on va trouver les terrains avec ces strates qui sont bien visibles et que nous allons effectivement observées de plus près tout à l'heure»	RC-BC26
alors nous allons maintenant, monter pour voir sur l'affleurement véritablement ces schistes	RC-BC27
et voir s'il y a des indices d'un phénomène qui s'est déroulé,	RC-BC28
on essayera de les interpeler	RC-BC29
qu'est-ce que c'est qu'un schiste	RC-BC30
qu'est-ce que c'est que ces terrains là	RC-BC31
est-ce qu'ils contiennent des bèbètes qui nous raconteraient quelque chose	RC-BC32
et puis voir s'il y a des déformations, là aussi , comme il y en avait tout à l'heure	RC-BC33

puisque si on é déformé les nummulites, on a du déformé aussi les terrains qui étaient en dessus	RC-BC34
le phénomène de déformation a été global, probablement»	RC-BC35
HAUT CASCADE : MARNES/SCHISTE À GLOBIGÉRINES 2	
là on sait maintenant, puisqu'on y est en plein dedans, que si on décapait cette herbe, ce sol, on trouverez des terrains de cette nature là	RC-HC01
qui sont le substratum	RC-HC02
et les deux hypothèses que nous avions formulées	RC-HC03
est-ce que ce matériel qui donne ce sol provient de la dégradation des terrains sus-jacents	RC-HC04
ou bien est-ce que ce sont les terrains sur place	RC-HC05
et bien manifestement ce sont les terrains sur place	RC-HC06
il peut y avoir aussi une alimentation complémentaire	RC-HC07
alors ce qui est intéressant c'est de bien regarder ces objets	RC-HC08
et il faudrait essayer de bien regarder s'il n'y a pas des indices un petit peu comme ce que nous avons trouvé avec des nummulites écrasées	RC-HC09
mais avant je voudrai essayer de faire parler cette roche, un peu comme j'ai fait parler le calcaire	RC-HC10
c'est à dire que si vous avez une roche qu'était calcaire, elle était calcaire	RC-HC11
elle était formée par l'accumulation de squelettes, d'organismes, de micro-organismes, bon des squelettes calcaires,	RC-HC12
avec l'indicateurs peu profond	RC-HC13
ici quel est le matériel qui va facilement se schistoser	RC-HC14
c'est à dire donner des plaques	RC-HC15
alors on va essayer de voir si c'est calcaire ou pas	RC-HC16
c'est pas tellement calcaire, c'est pas tellement calcaire,	RC-HC17
donc si on regarde à la loupe, on voit rien, on ne voit rien du point de vu matériel, minéraux , même fossiles, le matériel ...	RC-HC18
comment ça s'appelle le matériel fin	RC-HC19
vous avez les graviers, vous avez ensuite les sables, et plus petits que les sables, l'argile	RC-HC20
et bien à l'origine ce qui est devenu un schiste, c'était une argile	RC-HC21
or les argiles généralement, l'observation que l'on fait actuellement du dépôt des argiles témoigne pour des bassins assez profonds	RC-HC22
lorsque vous êtes dans un secteur peu profond,	RC-HC23
vous allez avoir beaucoup de plancton,	RC-HC24
et le plancton, donc des planctons calcaires,	RC-HC25
qui vont donner souvent des calcaires	RC-HC26
lorsque vous allez augmenter la profondeur,	RC-HC27
et bien vous allez avoir un mélange de plancton calcaire et d'argile	RC-HC28

si vous augmentez encore la profondeur,	RC-HC29
et bien le plancton calcaire n'arrive pas au fond,	RC-HC30
avant d'arriver au fond il est dissout,	RC-HC31
par la pression partielle du dioxyde de carbone qui est dissout dans l'eau de mer	RC-HC32
il y a du CO2 dissout dans l'eau de mer,	RC-HC33
qui exerce une pression de dissolution, sur le calcaire	RC-HC34
l'argile, elle, n'est pas dissoute	RC-HC35
donc si vous avez que de l'argile,	RC-HC36
vous pouvez dire, que vous êtes profond	RC-HC37
bien au delà de ce que supporterait le calcaire	RC-HC38
la calcaire lui il a pas réussi	RC-HC39
alors ça peut être, ça dépend des époques de la planète,	RC-HC40
ça peut être 1500,2000, 3000, 4000 m de profondeur	RC-HC41
donc là, sans aller jusqu'à de telles profondeurs, on se dit tiend, y a plus de plancton carbonaté,	RC-HC42
parce qu'il existe peut être mais il est dissout	RC-HC43
bon et ben voilà,y a de l'argile, y a plus que de l'argile	RC-HC44
alors faut dire aussi, que au microscope, on verrait du plancton	RC-HC45
qu'on appelle des, pardonnez moi les noms, Globigérines	RC-HC46
et ces roches là sont en réalité un petit peu calcaire	RC-HC47
, très légèrement ...	RC-HC48
, peut être que sur des affleurements un peu plus... je vais essayer de voir si...	RC-HC49
oui ça fait quand même effervescence,	RC-HC50
pas partout mais là ça fait effervescence voilà	RC-HC51
donc il y a de l'effervescence ...	RC-HC52
pas partout, vous voyez qu'il y a des endroit qui sont plus particulièrement calcaires	RC-HC53
, d'autres plus particulièrement argileux	RC-HC54
et d'une manière général, on a un mélange de plancton calcaire	RC-HC55
, enfin de l'ex-plancton calcaire et d'argile	RC-HC56
ça s'appelle en géologie une marne	RC-HC57
quand vous mettez à la fois du calcaire et de l'argile, vous avez une marne	RC-HC58
donc ce sont les marnes à Globigérines	RC-HC59
on avait les calcaires à nummulites,	RC-HC60

peu profonds,	RC-HC61
ma marne avec de l'argile à Globigérines	RC-HC62
à ce moment là c'est plus profond	RC-HC63
et c'est cette fraction importante d'argile qui explique que la roche quand elle se déforme elle donne des ardoises	RC-HC64
le calcaire il a pas donné de l'ardoise	RC-HC65
il a du subir les mêmes avanies que la marne	RC-HC66
mais la marne elle a réagi à sa manière	RC-HC67
ça dépend des roches	RC-HC68
tout le monde ne réagit pas de la même façon aux mêmes agressions	RC-HC69
vous avez des gens, on leur tape dessus, ils cools, ils disent tu peux continuer	RC-HC70
y en a d'autre qui vous en mette un	RC-HC71
ben les roches c'est comme ça	RC-HC72
ça ne réagit pas de la même façon aux mêmes avanies,	RC-HC73
aux mêmes déformations	RC-HC74
, aux mêmes phénomènes qui les affectent	RC-HC75
donc on a là un bassin qui s'est approfondi	RC-HC76
alors maintenant	RC-HC77
bon il s'est approfondi, il s'est approfondi,	RC-HC78
mais les roches ont été quand même déformées,	RC-HC79
puisque j'ai des schistes,	RC-HC80
sinon on aurait pas de schiste, on aurait de l'argile	RC-HC81
alors est-ce que vous pouvez essayer de trouver des indices	RC-HC82
qui permettraient de donner finalement une indication sur cette déformation	RC-HC83
alors pour ça ...	RC-HC84
alors il peut y avoir des micro-plis	RC-HC85
ce qui peut être intéressant, c'est sur les plaques comme ça,	RC-HC86
alors moi j'ai pété mes lunettes donc j'ai pas mes lunettes	RC-HC87
, si vous regardez bien,je vais essayer de regarder	RC-HC88
voilà faut essayer de trouver,	RC-HC89
sur les plaques, sur les plaques	RC-HC90
on peut trouver quelquefois	RC-HC91
, alors l'idéal, c'est de les trouver en place	RC-HC92

, mais tant pis y a qu'à les chercher dans l'éboulis	RC-HC93
vous pouvez voir des petits tirets noirs	RC-HC94
, mais qui sont tous dans la même direction,	RC-HC95
des petites lignes	RC-HC96
alors non...	RC-HC97
non , il faut essayer de trouver quelque chose	RC-HC98
voilà peut être celle-là	RC-HC99
vous voyez pas des petites... non (oui mais enfin...)	RC-HC100
mais c'est très diffus	RC-HC101
globalement,	RC-HC102
c'est plutôt des objets qui se signalent comme ça	RC-HC103
, légèrement en relief,	RC-HC104
et surtout c'est tout dans le même sens	RC-HC105
c'est globalement parallèle	RC-HC106
non là j'en voir pas bien	RC-HC107
c'est celui-là qui me semble intéressant	RC-HC108
voilà ici on a	RC-HC109
des petites	RC-HC110
ils sont tous dans la même direction	RC-HC111
dans le même sens, ils sont tous comme ça	RC-HC112
ils sont parallèles les uns aux autres	RC-HC113
on voir de ptit tirets, des ptits tirets, ...des petits tirets noirs	RC-HC114
bon moi j'ai pété mes lunettes	RC-HC115
oui on en voit là ici	RC-HC116
tu vois ici , ça	RC-HC117
mais moi j'en vois pas	RC-HC118
et j'y vois rien	RC-HC119
...	RC-HC120
on peut voir quelques fois des fois des assez gros	RC-HC121
et rouillés	RC-HC122
si vous avez la chance de voir comme un petit clou rouillé,	RC-HC123
et de part et d'autre du clou rouillé ça vous fait une sorte d'étirement	RC-HC124

mais surtout ce qui est intéressant c'est que ces petits alignements ont tous le même sens	RC-HC125
ils vont tous dans ce sens là	RC-HC126
voilà un petit pey là onles voit	RC-HC127
ça là c'est bon ça	RC-HC128
moins bon celui-là »	RC-HC129
celui là on voit globalement, on a des petites , euh...	RC-HC130
on a la sensation qu'on a des lignes qui sont parallèles les unes aux autres	RC-HC131
des petites lignes sombres	RC-HC132
pas forcément en relief, ce qui fait le relief c'est la couleur un petit peu sombre comme ça	RC-HC133
mais je sais qu'il y en a de beaux,	RC-HC134
... (vous voulez mes lunettes)	RC-HC135
ah ça y est j'y vois	RC-HC136
voilà ça c'est beau,là	RC-HC137
c'est très très beau	RC-HC138
regardez , toutes ces lignes là	RC-HC139
et ça, tout ça là	RC-HC140
y en n'a pas des perpendiculaires	RC-HC141
y en a des un peu ondulé mais tous , tous	RC-HC142
tout est dans le même sens	RC-HC143
ça fait comme ça	RC-HC144
alors ... comment... et beh voilà	RC-HC145
et c'est pas un écrasement comme ça	RC-HC146
imaginez que vous ayez un petit gravier noir dedans	RC-HC147
si vous aplatissez, ça vous fait un rond	RC-HC148
si vous aplatissez comme ça (geste de la main)	RC-HC149
ou comme ça idem	RC-HC150
si vous faite ça glissement une main sur l'autre	RC-HC151
ça vous fait une ligne	RC-HC152
votre petit grain il fait une ligne	RC-HC153
alors quelque fois ce qui est formidable, c'est que le petit grain il fait une ligne,	RC-HC154
mais il est un peu résistant au milieu,	RC-HC155

ce qui fait qu'il y a une petite boule et puis de l'autre coté, ce qui fait un espèce de losange d'un coté, un losange de l'autre coté	RC-HC156
ça nous indique quoi	RC-HC157
ça nous indique un sens de mouvement	RC-HC158
c'est ça ou ça	RC-HC159
j'ai pas la direction	RC-HC160
(si y a les deux renflements) c'est que ça a fait les deux,	RC-HC161
ça peut faire les deux effectivement	RC-HC162
donc ce qui est intéressant, c'est d'avoir déjà d'avoir la notion	RC-HC163
mais là on a écrasé en faisant ça (mouvement de la main)	RC-HC164
ou ça (mouvement de la main)	RC-HC165
donc quelqu'un est arrivé	RC-HC166
quelqu'un entre guillemets	RC-HC167
on est entre nous	RC-HC168
ne le répétez pas, hein	RC-HC169
quelqu'un est arrivé,	RC-HC170
qui s'est posé la dessus,	RC-HC171
et puis qui t'as écrasé tout ça en avançant	RC-HC172
et je t'avance là-dessus	RC-HC173
donc c'est une proposition que l'on peut faire	RC-HC174
maintenant on est bien d'accord, c'est aller... puisque tout est aller en direction de l'ouest	RC-HC175
et oui	RC-HC176
en gros tous ces alignements vont vers l'ouest	RC-HC177
, il vient de l'est	RC-HC178
donc je ne sais pas si l'espèce de molosse est arrivé	RC-HC179
, qui a écrasé tout ça	RC-HC180
il est arrivé de , il a fait un mouvement d'est en ouest ou d'ouest en est,	RC-HC181
je sais pas	RC-HC182
alors pour ça,	RC-HC183
(merci ça a été précieux) alors celui là il est très très beau, vous pouvez en trouver hein	RC-HC184
	RC-HC185
on va essayer de trouver un critère,	RC-HC186
qui nous permette de dire c'est aller d'est en ouest ou d'ouest en est	RC-HC187

vous voyez comment le géologue il va regarder les objets	RC-HC188
, et essayer de les interpeler de manière à répondre aux questions	RC-HC189
quelqu'un a écrasé,	RC-HC190
écrasé en déplaçant,	RC-HC191
mais en se déplaçant vers l'est ou vers l'ouest	RC-HC192
c'est quand même pas mal comme histoire en une heure	RC-HC193
à partir de quoi, de quatre cailloux quoi	RC-HC194
et de petites merdes qu'il y a dessus	RC-HC195
donc c'est tout, le géologue essaye d'être modeste,	RC-HC196
il l'est rarement comme tous les scientifiques et autres	RC-HC197
mais ambitieux	RC-HC198
ça il faut être ambitieux	RC-HC199
il faut pas reculer devant la difficulté	RC-HC200
alors on va être obligés de remonter un petit peu par là	RC-HC201
je suis désolé	RC-HC202
pour essayer de voir des objets dans le paysage	RC-HC203
FINAL : PLIS DANS LE GRÈS/FLYSCH	
alors ici on est en plein dans les terrains, les marnes à globigérines, avec les petits graviers étirés qui font de petites baguettes	RC-F01
et qui nous montre qu'il y a eu un mouvement E/O ou O/E	RC-F02
un mouvement en écrasement mais en déplacement	RC-F03
et vous avez en dessus la troisième catégorie de terrains, celles que nous avions élucidé avec ses grandes strates et des plis	RC-F04
alors les plis que je vais vous montrer	RC-F05
ce sont des plis qui affectent de petits filons blancs	RC-F06
vous savez le remplissage de ces fissures des petits filons blancs, sont affectés par des plis et qui sont exactement les mêmes que ceux qui affectent les strates déformées	RC-F07
celles du haut, vous savez là où on voyait bien la grosse épaisseur au départ	RC-F08
les plis sont les mêmes	RC-F09
exactement les mêmes	RC-F10
Simplement je les lis ici dans les marnes, pour ne pas à avoir à monter plus haut	RC-F11
Parce que si on montait plus haut on les lirait dans les strates épaisses	RC-F12
de la 3eme euh...après les calcaires à nummulites, les marnes à golobigérines, on aurait ces grands bancs de grès, qu'on appelle des flyschs	RC-F13
en tous cas, ça va être assez difficile, mais ...	RC-F14

vous voyez que vous avez des bancs	RC-F15
des filons blancs, blancs jaune»	RC-F16
alors vous avez l'eau qui tombe, juste en dessus vous avez une espèce de petit sentier, et vous avez un peu d'herbe qui est sec, au sec	RC-F17
bon voilà, juste en dessus de l'endroit où tombe la cascade où on voit l'eau qui tape, vous avez un petit niveau sec	RC-F18
et ce niveau au sec , vous avez des plantes	RC-F19
qui sont au sec et légèrement mouillées	RC-F20
puis vous avez toute une série de bancs, de filons blancs tout mélangés	RC-F21
sur 2m de hauteur	RC-F22
vous suivez~?	RC-F23
vous avez ensuite, un secteur dans lequel vous n'avez plus de ces filons blanchâtres	RC-F24
et puis vous en voyez apparaître quelques autres	RC-F25
regardez bien, y a un pli qui est caractéristique	RC-F26
une ligne blanche qui fait comme ça, ça monte c'est un flanc long du pli	RC-F27
court, long, court, ...c'est à dire là vous avez des plis dissymétriques	RC-F28
ça fait pas ça	RC-F29
vous avez en dessus du gris hein, vous avez le premier qui fait un très beau dessin	RC-F30
il avance et il revient	RC-F31
mais il revient beaucoup moins que ce qu'il a avancé	RC-F32
puis il repart, puis il retombe, puis il repart, puis il retombe, puis il repart,	RC-F33
systématiquement, le flnc long ça fait comme ça	RC-F34
flanc long, flanc court~, flanc long flanc court	RC-F35
le flanc long va toujours vers l'ouest	RC-F36
c'est pas facile à voir, je le reconnait	RC-F37
si je trouve mieux... ou alors, si vous voulez qu'on remonte, moi je veux bien qu'on remonte	RC-F38
mais ça c'est caractéristique alors	RC-F39
le flanc long, court	RC-F40
vers l'est vers l'ouest, vers l'est , vers l'ouest	RC-F41
et bien regardez ce que je vais faire avec mon short	RC-F42
si je fais avancer un objet, ...regardez ce que vont faire les plis	RC-F43
regardez le pli, flanc long, flanc court, flanc long	RC-F44
si je faisais l'inverse, flanc long, flanc court, flanc long, flanc court	RC-F45

je monte, flanc long, flanc court	RC-F46
donc vous avez la direction de l'objet qui se déplace qui est le flanc long	RC-F47
ça va marquer la direction	RC-F48
c'est à dire que le flanc long montre la direction du mouvement	RC-F49
regardez bien sur mon short en core une fois	RC-F50
alors il est pré-plissé, mais...	RC-F51
si je fais comme ça, regardez là, on inverse, voyez, systématiquement	RC-F52
le flanc long indique la direction du mouvement	RC-F53
non seulement je sais maintenant que ça a fait dans ce sens là, mais je sais que c'est venu vers l'ouest	RC-F54
donc un objet est venu de l'est et a poussé tous ces terrains en les déformant~devant lui»	RC-F55
il a déformé avec ses flancs longs flancs courts	RC-F56
il a donné ces petites aiguilles noires, qu'on a vues qui donnairent le sens mais pas la direction	RC-F57
et il a aplati en même temps, il a écrasé	RC-F58
un objet est venu de l'est	RC-F59
et qui est allé vers l'ouest	RC-F60
et tout ce que nous faisons ici, c'est de lire des objets qui sont aplatis	RC-F61
on s'est dit quelque chose est passé dessus	RC-F62
après on dit ce quelque chose a déformé, il a fait ça	RC-F63
il a pas fait ça ...(gestes) il a fait ça	RC-F64
mais en plus maintenant je sais qu'il a fait ça (gestes)	RC-F65
vous voyez, j'aplati, je fais un mouvement (gestes) d'aplatissement, et en plus maintenant j'ai le mouvement	RC-F66
donc la chaine de montagne, elle se forme avec des mouvement qui arrivent	RC-F67
des forces , des mouvements, des roches qui arrivent de l'est	RC-F68
et qui vont vers l'ouest	RC-F69
c'est tout	RC-F70
la lecture des objets, l'exploitation des objets permet de reconstituer une dynamique de mouvement	RC-F71
c'est tout	RC-F72
alors c'est pas grand chose	RC-F73
mais si vous prenez ça et que vous faites ça tous les jours pendant 5 ans, vous aurez une histoire bâtie sur toutes les Alpes	RC-F74
puisque c'est à la lecture de petits objets de ci de là, qu'on va rassembler ces lectures, on va les coordonner, les rendre cohérentes	RC-F75
et ensuite on pourra raconter une histoire qui est celle que je vous ai racontée au début	RC-F76

en disant ça s'est ouvert et puis ça s'est refermé	RC-F77
donc voilà comment le géologue sur le terrain il procède	RC-F78
et quand on entend des gens à la télévision, raconter l'histoire d'une chaine de montagne, qui vous disent des choses etc.	RC-F79
il faut savoir que ce n'est pas une belle histoire racontée aux enfants	RC-F80
c'est une construction scientifique	RC-F81
qui est élaborée à partir d'objets objectifs qui sont là, que l'on va décoder	RC-F82
dont on va faire décoder les messages qu'ils ont enregistrés	RC-F83
voilà mais vous allez me dire l'histoire est pas fini, qu'est-ce que c'est que ces gros bancs derrière en dessus là~?	RC-F84
et bien c'est le bassin qui s'est approfondi	RC-F85
il s'est approfondi alors y a eu des avalanches, des avalanches de graviers, et ça a donné à chaque fois des bancs comme ça là	RC-F86
vous avez des bancs épais, qui peuvent faire 1,5m d'épaisseur	RC-F87
c'est une avalanche, vous avez accumulé du matériel puis d'un coup tout ça ça descend	RC-F88
ça descend dasn les graznds fonds et puis ça va vous faire des strates épaisses	RC-F89
et puis y a plus davalanches, qu'est-ce qui se passe beh vous déposez de nouveau vos marnes à Globigérines	RC-F90
vos argiles, un petit peu de plancton calcaire	RC-F91
puis de nouveau une avalanche	RC-F92
et vous avez des alternances de banc de graviers, de sable, épais	RC-F93
et puis par dessus un petit peu d'argile et puis (un pêu de plancton calcaire)	RC-F94
et puis ça recommence, et ça a recommencé plusieurs dizaine voire plusieurs centaines de fois	RC-F95
c'est le bassin qui s'approfondi toujours~	RC-F96
et c'est ce bassin qui contenait les calcaire, les marnes et puis ces flyschs, ces bancs de grès en alternance	RC-F97
c'est celui-ci qui a été recouvert, charrié, par ce qui venait de l'est	RC-F98
ça vient de l'est	RC-F99
c'est le briançonnais qui vient	RC-F100
le briançonnais au sens géologique du terme vient , il pousse , il pousse et il rabote, il rencontre, il écrase, il déforme ce qui est devant lui	RC-F101
ce qui est devant lui c'est ça	RC-F102
c'est cet ancien bassin avec les calcaires, les marnes, et les flyschs	RC-F103
et puis ça vous déforme tout ça	RC-F104
voilà on est , et ça vous fait la chaine de montagne	RC-F105
ça participe à la formation de la chaine de montagne	RC-F106
d'ailleurs vous le voyez le briançonnais, c'est lui là-bas	RC-F107

là où y a le chemin, c'est lui qui arrive	RC-F108
et il arrive~, ça a rien à voir avec ça	RC-F109
les terrains c'est plus du tout les mêmes	RC-F110
il arrive , il pousse vous allez dire~: est-ce qu'il pousse encore~? ben non, il a arrêté	RC-F111
mais on sait pas pourquoi	RC-F112
ben il a arrété, pour le moment à l'échelle de quelques MA, quelque MA	RC-F113
il a arrété sans doute depuis 4 ou 5 MA	RC-F114
et ça c'est énigmatique	RC-F115
c'est énigmatique , car comme les Alpes montent	RC-F116
si elles montent c'est que ça continue de sérrer	RC-F117
et ça serre	RC-F118
mais le briançonnais il arrète de pousser, donc euh	RC-F119
c'est pas normal, il devrait pousser encore	RC-F120
il pousse pas	RC-F121
même il se casse la figure	RC-F122
(et il monte ?) il monte pas, il se casse en morceaux, il fait la la	RC-F123
il se casse, y a des failles normales qui naissent comme ça, il se casse	RC-F124
ben voilà c'est le briançonnais qui se casse la figure	RC-F125
il se libère, exactement, c'est ce qui se passe dans, ce que l'on appelle la faille de Durance	RC-F126
la faille de la Durance elle est créée par le fait que le briançonnais...il se casse en morceau quoi	RC-F127
exactement, exactement, exactement, il supporte plus son propre poids	RC-F128
il n'avance plus...y a aps d'avancée, mais quand même il se casse en superstructure	RC-F129
il crée, il diminue les roches puisqu'il crée la Durance	RC-F130
ces cassures (le Mont Blanc monte) ben oui, le Pelvoux monte ici, mais c'est ça le drame	RC-F131
c'est qu'on comprend pas bien pourquoi y a des secterus à l'heure actuelle dans les Alpes, bon ça c'est une question de sciences d'aujourd'hui	RC-F132
on comprend pas bien pourquoi dans les Alpes y a des secteurs qui montent et des secteurs qui descendent	RC-F133
(on a fait des mesures~?) oui de plusieurs mm	RC-F134
et ça c'est énigmatique, et évidemment comme c'est énigmatique, ben on fait des propositions	RC-F135
y a ceux qui font des propositions	RC-F136
y a eux qui sont pas d'accord avec les propositions	RC-F137
qui les démolissent sans en proposer d'autres	RC-F138

d'autres qui en proposent d'autres	RC-F139
donc on st en pleine effervescence intellectuelle	RC-F140
alors un jours dans quelques années, ou quelques dizaines d'années	RC-F141
on aura des propositions qui seront de plus en plus dans une direction	RC-F142
mais pour le moment on peut pas dire	RC-F143
les géologues constatent	RC-F144
par endroits ça monte, par endroit ça descend	RC-F145
c'est un fait	RC-F146
ils constatent, ça avec le gps y a pas de souci, on le fait	RC-F147
mais le moteur de cette dualité de phénomènes qui sont...	RC-F148
comment dire, c'est contradictoire	RC-F149
et bien le moteur on le sais pas	RC-F150
(par contre avec les ordinateurs on doit avoir des modèles) oui mais l'outil, ...il y a un mois de ça, l'académie des sciences de Pekin a financé un projet avec l~'université de Grenoble	RC-F151
pour faire une étude par des séismes, par l'enregistrement des séismes, de Bollène à Turin, ilsont mis des balises, tous les 10km	RC-F152
pour essayer de savoir, pour faire une radiographie du globe en profondeur	RC-F153
parce que peut être que la solution elle est en profondeur	RC-F154
y a quelque chose qui est en profondeur qui est mal connu qui va peut être donner un élément de solution	RC-F155
c'est ce que l'on appelle un profil sismique	RC-F156
il est en cours de réalisation, ils ont fini de poser les balises	RC-F157
normalement dans, ils enregistre pendant un an, au bout d'un bout ils enlèvent les balises	RC-F158
et il sont trois ans pour lire les milliards de données	RC-F159
parce que les balises ça enregistre tous les séismes de la planète	RC-F160
vous aller près de la balise, vous faites ça (taper du pied) vous avez une déformation	RC-F161
et après vous avez le séisme qui est en Indonésie, il est enregistré aussi	RC-F162
c'est un enregistrement passif, on fait pas , on crée pas des chocs pour enregistrer	RC-F163
on enregistre tout	RC-F164
et ça c'est un travail de titan	RC-F165
parce qu'il va falloir enlever tous les artéfacts	RC-F166
tout ce qui est pas intéressant	RC-F167
pour garder ce qui est essentiel	RC-F168
et ça c'est leur job	RC-F169

...parce que le chinois ils ont un problème de connaissance de leur propre chaine de montagne	RC-F170
pour connaître leur propre chaine de montagne, ils veulent aller voir chez ceux qui savent, enfin, ceux qui étudent depuis deux siècles cest nous	RC-F171
les alpes sont étudiées depuis deux siècle, c'est pour ça que c'est une chaine compliquée	RC-F172
plus on connait, plus on se rend compte que c'est compliqué	RC-F173
les cjinois eux ils ont des problèmes parce que ils ont pas attaqué la géologie aussi tôt que nous	RC-F174
donc ils viennent un petit peu, ils ont des profgrammes de coordination, les français vont , les granoblois vont en Chine et les chinois viennent ici	RC-F175
simplement ce qu'ils ont en plus c'est les sous	RC-F176
ils ont payé, ça a couté 500 000 €	RC-F177
que les grenoblois n'avez pas pour faire ce travail là	RC-F178
ça fait 20 ans qu'on n'a pas fait ce travail là en France	RC-F179
le dernier profil, profil ECORC, 91, 92	RC-F180
donc là on a profité de cette coopération internationale	RC-F181
qui va nous approter à nous des informations	RC-F182
mais qui pour eux va être extrêment féconde en terme d'apprentissage des techniques	RC-F183
ils les maitrisent pas complètement	RC-F184
et surtout après , de l'exploitation	RC-F185
parce que le problème chez nous, y a un problème qui est celui du Queyras	RC-F186
le Queyras est trop élevé par rapport à la nature de ses terrains	RC-F187
il est à 3000 m	RC-F188
les terrains sont tendres, ça devrait être moins élevé	RC-F189
et le Tibet c'est un peu la même chose chez eux	RC-F190
le Tibet leur pose des problèeme pas seulement politique...il leur pose des problème en terme d'interprétation de l'altitude	RC-F191
donc c'est une coopération bien comprise	RC-F192
voilà on va redescendre et je vais vous distribuer le petit document	RC-F193
qui sera je l'éspère...il sera plus complet que ce que l'on a fait sur le terrain	RC-F194
mais je me suis attaché à faire quelque chose de pratique, c'est à dire~: la méthode, voyez	RC-F195
on lit les objets, on se pose des questions, et on apporte des réponses en fonction des objets que l'on a réussis à lire	RC-F196
voilà ; (c'est vrai qu'il faut quand même une base de connaissance pour interpréter...) absoluement, l'objectif comme je vous l'ai dit tout à l'heure, c'est, pour nous c'est plus la méthode	RC-F197
c'est plus pour moi de persuader que la géologie est une science qui n'est pas magique	RC-F198
qui est très pragmatique	RC-F199

c'est très terre à terre, même pied à pied avec les bâtons	RC-F200
(...)	RC-F201
celle-ci (discipline) est plus décriée, parce que c'est plus austère	RC-F202
c'est assez austère par rapport à la bio, parce qu'on a regroupé les profs de biologie et géologie	RC-F203
alors que les profs de géologie devrait être physiciens	RC-F204
(les deux puisqu'il y a des bèbètes) ben voilà c'est pour ça qu'on est bien là où on est	RC-F205
mais il faudrait que l'on soit un petit peu plus physicien	RC-F206
ce qui demande d'être des individus protée, ce que nous ne sommes pas	RC-F207
on peut pas maitriser la physique , la chimie, la...	RC-F208
voilà on va redescendre, on va retrouver le sentier qui est en dessous	RC-F209

Synopsis de la situation « Dibona TG »

Synopsis Dibona TG

Codage repère	*Titre*	Résumé
	INTRODUCTION	
TG-I2 / TG-I11	*TG-Dibona A*	Introduction
TG-P1 / TG-P56	*TG-Dibona B*	Pétrographie du granite
TG-M1 / TG-M48	*TG-Dibona C*	Magma granitique
TG-R1 / TG-R23	*TG-Dibona D*	Radio-chronologie du granite
TG-Th1 / TG-Th37	*TG-Dibona E*	Tectonique hercynienne
TG-Eh1 / TG-Eh15	*TG-Dibona F*	Erosion de la chaine hercynienne
TG-Fuh1 / TG-Fuh18	*TG-Dibona G*	Fusion des racines hercyniennes
TG-FrPa1 / TG-FrPa27	*TG-Dibona H*	Fractionnement de la Pangée 1
TG-FrPb1 / TG-FrPb12	*TG-Dibona I*	Fractionnement de la Pangée 2
TG-F-Oa1 / TG-F-Oa26	*TG-Dibona J*	Fermeture de l'océan alpin
TG-ErA1 / TG-ErA26	*TG-Dibona K*	Erosion de la chaine alpine
TG-Desc-P1 / TG-Desc-P36	*TG-Dibona L*	Bilan description 1
TG-Desc-Pb1 / TG-Desc-Pb18	*TG-Dibona M*	Bilan description 2

Transcription de la situation « Dibona TG »

Dibona TG

Retranscription

Introduction

« on m'a donc demandé de venir animer cette petite fin d'après midi sur le thème de la géologie »	TG-I2
« vous avez un des beaux symboles de la géologie, du massif des Ecrins, avec l'aiguille Dibona »	TG-I3
« avant de commencer, est-ce que vous savez comment s'appelait l'aiguille Dibona avant que Angelo Dibona et son copain Mayer en aient fait la première ascension ? »	TG-I4
« c'est très évocateur de sa forme justement, y a même un panneau qui en parle à l'intérieur »	TG-I5
« si vous aviez de vieilles carte IGN, qui datent d'avant, ...elle ne s'appelait pas la Dibona mais le pain de sucre, ...à cause de sa forme pointue »	TG-I6
« vous savez donc que la Dibona est un symbole géologique parce qu'elle vous savez qu'elle est constituée d'une roche qui est très connue, mais qui est de loin l'une des plus difficile à expliquer »	TG-I7
« vous connaissez peut-être le nom de la roche qui constitue la Dibona »	TG-I8
« c'est une des roches les plus courantes, les plus connues par le grand public » « c'est du granite »	TG-I9
« j'insiste bien sur le graniTE, car dans le petit Larousse granite s'écrit sans E : c'est une roche qui est un terme de marbrier » « le granite avec un e est une roche très particulière »	TG-I10
« voilà, alors on va donc commencer par décrire cette roche, après on va essayer d'expliquer comment elle s'est formée, à quelle époque, et après on fera le visuel, on décrira tout l'environnement du refuge du Soreiller, à travers une petite coupe géologique »	TG-I11

Pétrologie du granite

« d'abord comment on va reconnaître que c'est du granite ? «	TG-P1
« quand un géologue a une roche dans la main, il va la regarder et il va essayer de définir ce qu'on appelle la texture de cette roche »	TG-P2
« c'est savoir ...est-ce que les éléments qui la constituent sont visibles, quels sont ces éléments et comment sont-ils répartis dans la roche ? »	TG-P3
« alors quand vous voyez cette roche, vous voyez qu'elle a une couleur	TG-P4
relativement claire, mais vous voyez qu'à l'intérieur, il y a des grains de différentes couleurs »	TG-P5
« ces grains sont visibles à l'œil nu »	TG-P6
« on va voir que beaucoup de ces éléments, qui sont visibles à l'œil nu, et notamment ceux qui sont blancs, ont des formes rectangulaires »	TG-P7
« et quand les éléments d'une roche sont rectangulaires, ou géométriques, de façon plus générale, alors les éléments qui constituent la roche sont des cristaux »	TG-P8
« parce que toutes les roches ne sont pas constituées que de cristaux : dans les roches vous pouvez trouver par exemple des fossiles , tout le monde connaît les fossiles, d'accord	TG-P9
ou alors on peut trouver des débris d'autres roches »	TG-P10

« dans le granite les éléments qui le constituent sont des cristaux »	TG-P11
« quand on regarde à l'œil on va s'apercevoir que ces cristaux occupent tout le volume de la roche, et ça c'est très important »	TG-P12
et qu'ils sont disposés de façon complètement aléatoire les uns par rapport aux autres, ils ne sont pas arrangés d'une façon particulière »	TG-P13
eh bien cette texture qui consiste à avoir une roche constituée délément, qui sont des cristaux, qui sont disposés n'importe comment, le géologue apelle cette texture la texture grenue	TG-P14
et la texture grenue, c'et la texture qui caractérise une grande famille de roches c'est toutes les roches qui proviennent du refroidissement d'un magma	TG-P15
et toutes les roches grenues, c'est toutes les roches qui priviennent du refroidissement d'un magma mais dont le refroidissement s'est fait en ... profondeur	TG-P16
«... refroidissement en profondeur, ce magma n'est jamais arrivé à la surface »	TG-P17
« pourtant l'aiguille Dibona est à la surface,	TG-P18
elle est en granite, donc on expliquera tout à l'heure comment ce granite est arrivé en surface,	TG-P19
ce n'est pas lui qui est arrivé à la surface, on verra tout à l'heure c'est la surface qui est venue vers lui »	TG-P20
on en reparlera, d'accord ?	TG-P21
voilà donc j'ai ici une roche magmatique qui a cristallisée en profondeur, comment on appelle une roche qui a cristallisé en profondeur ?	TG-P22
donc elles cristallisent lentement, les cristaux vont bien tous s'exprimer, être plus ou moins gros suivant le temps de refroidissement, ok...	TG-P23
toute la roche est cristallisée »	TG-P24
« ça veut dire que ce magma n'est pas arrivé à la surface »	TG-P25
« du magma qui arrive à la surface, ça donne quoi les enfants ? »	TG-P26
« ouais mais alors comment ça s'appelle ? un endroit où de la lave arrive à la surface ? Ça s'appelle un volcan »	TG-P27
« donc le magma qui arrive à la surface ça aurait donné une roche volcanique »	TG-P28
« le granite n'est pas une roche volcanique, c'est une roche plutonique, car lui son refroidissement s'est fait toujours en profondeur, il est jamais arrivé à la surface »	TG-P29
« probablement parce qu'il était beaucoup trop pâteux pour arriver à sortir de terre »	TG-P30
« alors maintenant cette roche magmatique plutonique, pour que je puisse affirmer que c'est du granite, il me faut regarder les éléments c'est à dire les cristaux qui le constituent et ça c'est pas facile même	TG-P31
pour un géologue »	TG-P32
voilà mais pour nous quand même si on regarde, on voit qu'on a trois types de cristaux différents »	TG-P33
y a ces petits cristaux blancs, les plus gros, rectangulaires »	TG-P34
y a ceux qui sont bien noirs et qui brillent	TG-P35
et puis y en a plein qui sont gris, et quand on regarde , il sont un peu translucides »	TG-P36
« alors là dedans on va d'abord regarder ceux qui sont bien noirs et qui brillent »	TG-P37
« si on regardait avec une petite loupe, on verrait que ce sont des petites paillettes noires bien brillantes »	TG-P38

« qui font partie d'un groupe de minéraux que l'on appelle les micas »	TG-P39
« et là en l'occurrence, ici à la Dibona c'est un mica noir, et le mica noir porte le nom de biotite, ...qu'importe ! »	TG-P40
« après, ceux qui sont translucides, et comme ils sont transparents mais qu'ils sont enchassés dans la roche, ils absorbent la lumière et c'est pour ça qu'ils apparaissent un peu gris, la lumière peut pas traverser puisqu'ils sont enchâssés dans la roche »	TG-P41
et bien ce minéral il est très connu, c'est le plus commun de l'écorce terrestre, c'est le quartz »	TG-P42
« et puis tous ceux qui sont blancs	TG-P43
« et là j'en parle parce que ceux qui font de l'escalade à la Dibona sont confrontés à ces cristaux blancs qui vont les aider dans certains passages »	TG-P44
« ces cristaux blancs rectangulaires on appelle ça des feldspaths , -d'un mot allemand qui veut dire les cristaux des champs- »	TG-P45
des felsdapth, voilà alors quand le géologue a une roche magmatique plutonique,et qu'il a su reconnaître que dans la roche il y avait ces trois groupes de cristaux, du quartz, du mica et des feldspath, alors il peut annoncer que cette roche c'est du granite »	TG-P46
« donc pour le géologue, le granite est une roche bien précise »	TG-P47
« si les minéraux en étaient d'autre , ça aurait été une autre roche magmatique plutonique »	TG-P48
ok celle-là c'est du granite »	TG-P49
alors c'est la plus courante, hein, puisque le granite c'est l'une des roches principales qui constitue ce qu'on appelle la croute continentale,	TG-P50
c'est à dire les soubassements, finalement de nos continents, comme celui sur lequel on est »	TG-P51
voilà, donc maintenant vous savez ce que pétrographiquement, c'est à dire l'étude de la roche, ce que pétrographiquement est un granite »	TG-P52
« alors un petit clin d'œil, pourquoi ces feldspaths ils sont importants ? Parce que ils sont bien rectangulaires, parfois ils sont assez gros, et très souvent dans l'érosion du granite, ils se trouvent un petit peu en relief, et comme ils se trouvent un petit peu en relief, c'est eux qui vont servir de grattons dans les traversées un petit peu délicates »	TG-P53
à certains endroits les alpinistes les appellent aussi des dents de cheval à cause de leur forme rectangulaire, voilà	TG-P54
alors si vous avez fait vers la haut les cannelures Stauffer, la traversée Livanos, vous faites des traversées très délicates sur ces petites prises très délicates, qui sont ces cristaux de feldspath, ok, voilà »	TG-P55
donc tout ça c'est du granite	TG-P56
Magma granitique	
alors maintenant que l'on a déterminé la roche de l'aiguille Dibona, ou du pain de sucre comme vous voulez, on va essayer de comprendre, bon ça va peut être être un peu plus théorique, dans cette étape là, d'où vient ce magma qui en se figeant en profondeur a donné du granite ?	TG-M1
alors ? , ça vient d'où le magma ? Alors vous allez me dire ça vient de là bas dessous, oui mais , moi j'ai un problème, parce que, ...	TG-M2
on racontait des choses autrefois, apparemment on les raconte encore à certains endroits, c'est pas trè s juste, ...vous savez que sous nos pieds il n'y a pas de magma	TG-M3

le seul endroit où sur notre planète, ... le magma c'est quoi, c'est de la roche dans un état liquide, ok, or le seul endroit où l'on a de la roche liquide en permanence dans notre planète, c'est à plus de 2900 km de profondeur, c'est dans le noyau terrestre. Et là le magma c'est du fer fondu.	TG-M4
et jusqu'à présent personne n'a vu de volcan vomir de la lave qui devient du fer en refroidissant, tout simplement parce que ce magma qui est en permanence dans le noyau terrestre ne peut pas s'échapper du noyau terrestre	TG-M5
donc partout ailleurs, le manteau terrestre et la croûte terrestre ou l'écorce terrestre plus exactement, ne sont pas constituées de magma, donc là j'arrive quand même, j'ai un problème	TG-M6
j'ai des roches magmatiques et pourtant je n'ai pas de magma permanent sous mes pieds	TG-M7
donc je vais être obligé d'admettre que le magma va se former de façon très temporaire et très dispersé dans l'espace , d'accord, à certains endroits et à certaines époques, quand au gré des mécanismes géologiques il va se produire ce que l'on va appeler en géologie des anomalies	TG-M8
donc il va falloir qu'il y ait une anomalie qui mette en fusion les roches sous nos pieds, soit dans le manteau soit dans l'écorce terrestre	TG-M9
puisque habituellement les roches sont dans un état solides, donc pour avoir du magma il faut faire fondre la roche solide, et donc pour la faire fondre il faut qu'une anomalie géologique se produise	TG-M10
une anomalie qui va mettre en fusion les roches	TG-M11
alors on va essayer de raisonner un petit peu ensemble	TG-M12
quelles sont les anomalies qui peuvent faire fondre un matériau ?	TG-M13
alors comme je sais qu'il y a d'excellentes cuisinières parmi nous, elles savent déjà beaucoup plus de choses que nous, les mecs, ...si y a des grands cuistot aussi, mais bon	TG-M14
alors si vous voulez faire fondre quelque chose, intuitivement, la première chose que vous allez faire, c'est quoi, vous allez lui proposer, c'est la chaleur, augmenter la température	TG-M15
alors sur notre planète, il y a des endroits où il y a des anomalies thermiques, c'est à dire que la roche va subir des élévations de température bien au delà de ce qu'elle peuvent supporter et là elle vont se mettre à fondre	TG-M16
mais ces anomalies sont vraiment limitées dans le temps et dans l'espace	TG-M17
alors les endroits où il y a des anomalies thermiques, les géologues ont pris l'habitude de les appeler les points chauds	TG-M18
c'est pas très original hein	TG-M19
voilà, alors ces points chauds ils peuvent avoir plusieurs origines, mais ce sont des anomalies thermiques	TG-M20
alors par exemple le volcanisme de l'île de la Réunion ou d'Hawaï sont des points chauds	TG-M21
alors un autre point chaud qui a une origine différente, c'est les volcans du massif central, le Puy de Dôme, ou si y a des ardechois parmi vous, le plus beau département du monde, je vous dirais pas où je suis né, c'est le (mon)t Gerbier de Joncs, hé hé si vous connaissez un petit peu	TG-M22
voilà, l'anomalie thermique, ...c'est la plus intuitive pourtant c'est peut-être la moins représentée sur notre planète, comme étant à l'origine du magma	TG-M23
alors quelle 2eme anomalie on peut évoquer ?	TG-M24

la ? la pression ? alors dans quel sens ? la pression ? Alors si on comprime, on va reculer le point de fusion, donc faut faire le contraire, il faut faire de la décompression, alors ça c'est de la thermodynamique, c'est pas évident, si y en a parmi vous qui on fait de la métallogénie, vous savez que pour faire fondre un minerai, souvent on le fait avec des pompes à vide qui accélèrent la fusion	TG-M25
on rajoute à l'anomalie thermique le fait qu'on st dans le vide, donc quand on crée une décompression, cela génère du magmatisme	TG-M26
d'ailleurs on peut se poser une question :	TG-M27
comment se fait il que dans le manteau terrestre les roches qui le constituent alors qu'elles sont soumises à des températures très élevées, soient toujours dans un état solide, c'est à cause de la très forte pression qui règne dans le manteau terrestre, et cette très forte pression empêche les roches, malgré la très forte température à laquelle elles sont soumises, de fondre	TG-M28
mais si par un phénomène géologique je diminue cette pression, alors je vais me retrouver avec une température elle qui si elle ne diminue pas d'autant, je vais me retrouver avec à un moment donné, un déséquilibre, où pour une t° encore très élevée, la pression a trop baissé pour garder la roche dans un état solide et à partir de là la roche va se mettre à fondre	TG-M29
et ça c'est peut être la première des anomalies la plus courante qui permettra d'obtenir du magma	TG-M30
c'est celle qui va permettre la formation de tous les grands planchers océaniques de notre planète, volcanisme des planchers océaniques	TG-M31
mais c'est très probablement également cette anomalie qui va être à l'origine du granite de la Dibona	TG-M32
on verra tout à l'heure pourquoi, parce que là y a plusieurs causes à cette baisse de pression qui va régner en profondeur	TG-M33
et puis la troisième pour la comprendre, c'est encore un petit peu moins intuitif, sauf pour les cuisinières	TG-M34
comment on fait du caramel ?	TG-M35
alors, du sucre, ouais c'est pour ça que c'est bon, et de l'eau ? Un petit peu, un petit peu d'eau	TG-M36
si tu prends juste un morceau de sucre et que tu le mets sur une flamme, il faudra une t° très élevée pour le faire fondre	TG-M37
Mais si tu lui mets juste un petite goutte d'eau, il va se mettre à fondre et il devient du magma qu'on appelle du caramel	TG-M38
eh bien les roches si vous leur rajouter de l'eau, les roches en profondeur, et bien une roche hydratée va fondre, d'accord, alors que une roche qui est déshydratée, il lui faudra un t° beaucoup plus élevée pour fondre	TG-M39
donc si moi je suis capable d'injecter dans le manteau terrestre, de l'eau dans des roches qui sont normalement solides, cette eau va faire fondre les roches du manteau	TG-M40
l'endroit où il y a de l'eau qui arrive dans le manteau, c'est tous les endroits où on a du plancher océanique, qui plonge à l'intérieur du manteau, les géologue appellent ça des zones de subduction, là où les océans disparaissent notamment, très souvent sous les continents	TG-M41
vous savez que vous avez le pacifique qui plonge sous l'Amérique du sud	TG-M42

et le pacifique, en plongeant sous l'Amerique du sud va se déshydrater, d'accord les roches du plancher océaniques se déshydratent, et cette eau va dans le manteau, et ce manteau se met à fondre, et le manteau qui fond donne du magma, et ce magma arrive à la surface, pour donner toute la ceinture de feu du Pacifique, qui disparaît sous tout son pourtour	TG-M43
plus près de nous, le sud de la méditerranée, qu'on appelle la mer ionienne, elle plonge sous la Calabre, et en plongeant sous la Calabre, elle se déshydrate, et l'eau rentre dans le manteau, et c'est l'origine du magma qu va donner les îles volcanique de Stromboli ou de Vulcano	TG-M44
ou si vous allez un petit peu plus a l'est d'accord, le bassin levantin qui plonge sous la Crète, va donner les îles vlcaniques des Cyclades, comme l'île de Centaurin, ok ? voilà,	TG-M45
alors nous pour la Dibona, les géologues pensent que c'est la baisse de pression qui est à l'origine de la fusion de la croûte continentale profonde de notre région	TG-M46
ok, et cette croûte continentale a fondu parce qu'elle a subi une très forte baisse de pression	TG-M47
on sait comment ce granite s'est formé	TG-M48
Radio-chronologie du granite	
maintenant si on veut aller plus loin, quelle est l'anomalie géologique, ou plutôt, quelle est la cause géologique de cette anomalie qui a créé du magma qui est devenu le granite de la Dibona ?	TG-R1
alors pour cela il faut déjà imaginer à quel moment s'est formé ce granite, donc qu'est-ce qu'il faut que je connaisse ?	TG-R2
l'âge e cette roche	TG-R3
alors l'âge de cette roche, beh, finalement il n'y a pas très longtemps que l'on connaît l'âge de ces roche là, pourquoi, ben comment je peux dater une roche qui contient des éléments qui ne sont que des cristaux ?	TG-R4
alors quand on a des roches sédimentaires, on sait que les strates s'empilent les unes sur les autres,donc celle qu'est en haut est plus jeune, celle qu'est en bas est plus vieille	TG-R5
et puis y a les fossiles qui vont nous aider également	TG-R6
mais tout ça , ça nous donne une chronologie relative, c'est plus vieux que, c'est moins vieux que, mais là ?	TG-R7
ces roches on sait les dater de puis à peu près la première moitié du XXe siècle et on a des résultats qui commencent à vouloir dire quelque chose	TG-R8
depuis la moitié du XXe siècle, c'est pas très vieux, hein ?	TG-R9
d'ailleurs ces granites ont été datés par des profs que j'ai eu moi en fac, donc y a pas si longtemps, n'exagérez pas quand même !, qui étaient des spécialistes du coin	TG-R10
ils les ont dater grâce à quoi ?	TG-R11
Non, boh y a pas de carbone la dedans, pas de carbone organique en tous cas	TG-R12
on les date grâce à justement, un monsieur qui s'appelle Becquerel, dont les déhcouvertes ont été reprises par P et M Curie, et à partir de là on a su utiliser la...radioactivité, qu'ont certains des éléments contenus dans les minéraux de cette roche là	TG-R13

dans le granite je vous ai dit qu'il y avait un minéral qui s'appelle le mica noir, la biotite, et quand on regarde la biotite au microscope, on remarque qu''à l'intérieur, il y a un autre minéral microscopique qui est incluse dedans et qui est radioactif et ce minéral radioactif c'est le zircon	TG-R14
donc grâce aux zircons qui sont inclus dans les micas de ce granite, les géologues ont utilisés cette radioactivité pour dater cette roche là,	TG-R15
c'est à dire ils ont daté le moment où cette roche est passé d'un magma à une roche solide, c'est à dire le moment où le zircon à partir du magma s'est formé	TG-R16
le zircon normalement ne devrait pas être radioactif mais dans le zircon il y a des atomes d'uranium qui se supplantent à des atomes de zirconium, donc c'est à cause des atomes d'uranium qu'il y a dans le zircon qu'on a pu utiliser la radioactivité	TG-R17
voilà, et au moment où le magma se fige, et bien, l'uranium commence à se ...comment on pourrait dire, se dégrader par radioactivité, il est radiogénique, ...se désintégrer voilà , je cherchais le mot, il va se désintégrer en un autre élément, et cette désintégration suit un loi physique, c'est à dire qu'elle va se faire à une vitesse à peu près constante	TG-R18
donc le géologue , qu'est-ce qu'il va mesurer aujourd'hui, il va mesurer le taux de l' élément radioactif par rapport à son produit de désintégration et comme il sait combien de temps il faut pour que telle quantité soit dégradée , après, bon c'est une version très très simpliste que je vous donne, il peut savoir à quel moment, dans l'élément il n'y a pas encore eu de désintégration	TG-R19
et si on fait ça, on va remonter, bon c'est pas très précis pour le granite ici, mais on a des granites qui se situent entre -320 et -280 ma	TG-R20
bon ces chiffres vous disent peut être pas grand chose, rassurez vous à personne, personne est capable de quantifier dans sa tête des millions ,	TG-R21
d'années, d'accord, on joue sur le chiffre,	TG-R22
voilà et donc, ça veut dire quoi, ça veut dire que ce granite, il s'est formé au début de la deuxième moitié de ce que l'on appelle nous en géologie, l'ère primaire	TG-R23
Orogenèse hercynienne	
donc déjà quelque chose d'important, ce granite il est dans les Alpes, aujourd'hui mais il s'est formé bien avant la formation des Alpes	TG-Th1
ok alors, ça c'est une grande différence qu'on a par exemple entre les Alpes et l'Himalaya, parce qu'en Himalaya on a des granites, qui se sont formés pendant la formation de l'Himalaya et à part un exemple très précis à la frontière Italie / Autriche, tous les granites que l'on a nous dans nos régions ne se sont pas formés pendant la formation des Alpes	TG-Th2
donc il faut chercher une histoire bien plus ancienne , puisque les Alpes ici se sont formées je dirai principalement durant l'ère tertiaire, c'est à dire il y a un peu moins de 60 ma	TG-Th3
ce granite il a pas 60 ma , il a 320 à 280 ma , on est début de la deuxième moitié de l'ère primaire, il y a très longtemps	TG-Th4
alors les géologues se sont penchés, qu'est-ce qu'il y a eu au début de la 2eme moitié de l'ère primaire ?	TG-Th5

alors ça va être relié à ça, hein	TG-Th6
Ils sont rendu compte que , à cette époque là on avait sur notre planète une gigantesque montagne, qui venait de se former, et cette grande chaîne de montagne, qui va se former au milieu de l'ère primaire, d'accord, est une grande chaîne de montagne dont on a retrouvé les vestiges des Appalaches en Amérique du nord jusqu'en Oural en passant par le massif armoricain, le massif central, le massif des Maures, et je remonte dans les Alpes, c'est pas moi qui le dit, c'est les roches, dans les Ardennes et jusqu'à l'Oural	TG-Th7
cette grande chaine de montagne , les géologue lui ont donné un nom, il lui ont donné le nom de chaîne hercynienne	TG-Th8
une grande chaine de montagne dont les géologues ont estimé qu'elle avait les dimension de l'Himalaya actuelle, au moins du point de vue altitude	TG-Th9
on peut pas aller beaucoup plus haut, parce qu'après, les montagnes au bout d'un moment, c'est un tas de sable, vous rajoutez un grain de sable et ça ...s'empate sur elle même, alors,	TG-Th10
qu'est-ce qui s'est passé il y a à peu près entre -400 et -350 ma au milieu de l'ère primaire ?	TG-Th11
alors pour ça, faut faire des petits dessins	TG-Th12
je vais vous représenter la planètes terre telles qu'on peut la concevoir au milieu de l'ère primaire	TG-Th13
alors, la terre vue du ciel c'est à peu près rond (le à peu près c'est pour me faire pardonner mon rond à moi), voilà	TG-Th14
Et au milieu de l'ère primaire, ah, je pose une question, est-ce que quelque qu'un a une idée de à quoi ressemblait la géographie des continents au milieu de l'ère primaire ?	TG-Th15
alors, on va même , excusez moi , on va même remonter un tout petit peu avant, au début de l'ère primaire, il y avait plusieurs continents, dont les contours n'avaient rien à voir avec ceux d'aujourd'hui	TG-Th16
alors de façon complètement aléatoire, ce que je fais ne repose sur aucun schéma réel, c'est juste pour simplifier, j'en dessine un , deux , trois, c'est pas la tête à toto mais c'est la terre au début de l'ère primaire	TG-Th17
les continents sont portés vous savez par ce que l'on appelle les plaques, vous avez entendu parler des plaques, les plaques c'est toute l'enveloppe rigide qui entoure notre planète et qui sont fractionnées comme des pièces de puzzle par les mouvements qui affectent le manteau terrestre	TG-Th18
le manteau il est solide mais il est plastique, il bouge. Et ces mouvements craquellent le partie rigide supérieure qu'on appelle le lithosphère	TG-Th19
et ces plaques vont se mettre à bouger les unes par rapport aux autres	TG-Th20
elles glissent les unes contre les autres comme à San Andréas ou dans la vallée du Jourdain,	TG-Th21
ou alors elles se rapprochent les unes des autres pour se passer l'une sous l'autre,	TG-Th22
ou alors elles s'écartent l'une de l'autre en laissant le manteau remonter à la surface et devenir rigide créant ce que l'on appelle l'écorce terrestre des océans, ce qu'on appelle le plancher océanique	TG-Th23

là, à cette époque là, les plaques vont se rapprocher l'un de l'autre, seulement en se rapprochant, les plaques vont amener les continents également à se rapprocher les uns des autres, les continents étant portés par les plaques, jusqu'au moment où ces continents vont se retrouver nez à nez, et contrairement à ce qu'on raconte aujourd'hui, et à ce qu'on racontait autrefois, les continents ils ne vont pas s'écraser l'un contre l'autre, les continents vont passer les uns sous les autres	TG-Th24
ils pourront pas passer très profondément les uns sous les autres, et là le système va se bloquer, d'accord	TG-Th25
donc ces trois continents se rapprochent, et en se rapprochant ils vont n'en créer qu'un seul	TG-Th26
donc au milieu de l'ère primaire on se retrouve avec un seul continent, ...qui a une forme de cœur	TG-Th27
allez vous savez comment on l'appelait ce continent ?	TG-Th28
La Pangée, d'une racine grecque pan qui veut dire universel, et gée c'est le diminutif de gaia, déesse de la terre, c'est la terre	TG-Th29
la pangée, mais dites moi, quand un continent passe sous un autre continent, ça fait pas grand chose, mais quand le système se bloque, les continents c'est constitué par des matériaux qui sont légers par rapport au manteau dans lequel ils s'engouffrent	TG-Th30
par exemple on va prendre un glaçon, d'accord, et puis vous prenez un deuxième glaçon, tous les deux flottent sur l'eau, les continents flottent sur quelque chose qui n'est pas liquide, on l'a déjà dit, mais qui est plastique, qui est le manteau, et puis vous prenez votre glaçon et vous allez le faire passer sous le premier, comme un continent qui passe sous un autre continent , et quand le système se bloque, quand vous lâcher le glaçon que vous avez mis par dessous, qu'est-ce qui va se passer ?	TG-Th31
le glaçon que vous savez mis par dessous, sous l'effet de la poussée d'Archimède ,il va remonter, poussant au dessus de lui le glaçon qui était sur son dos, et ça , ça va entraîner le soulèvement des montagnes	TG-Th32
donc le soulèvement des montagnes c'est pas quand les continents se passent les uns sous les autres, c'est quand ils ont fini de passe l'un sous l'autre, ensuite après ils se soulèvent	TG-Th33
donc , si je revient à mon schéma, ici, si ces trois continents se sont rapprochés, les continents se sont passé les uns sous les autres, jusqu'au moment où le système se bloquant, qu'est-ce qui s'est passé ?	TG-Th34
Et bien , une gigantesque montagne a surgit en plein milieu de ce continent, Pangée, et cette chaîne de montagne qui allait des Apallaches à l'Oural, c'est la chaîne Hercynienne	TG-Th35
donc si vous voulez, vous aviez un continents ici et vous en aviez un autre qui est passé par dessous ici, et quand ça s'est bloqué, le continent qui est dessous est revenu à l'horizontal,et donc vous vous êtes retrouver avec quelque-chose qui a fait ceci...	TG-Th36
voilà la 2eme étape après le soulèvement, et ça c'est une chaîne de montagne, c'est la chaîne Hercynienne	TG-Th37
Erosion de la chaine hercynienne	
mais alors pourquoi je vous raconte ça pour vous parler de la Dibona ?	TG-Eh1
eh bien, je vais redessiner ma montagne, voilà vous avez le continent, là il est soulevé et puis vous avez l'autre qui est par dessous	TG-Eh2

...au niveau des montagnes vous avez deux épaisseurs continentales l'une sur l'autre, alors que là vous en avez qu'une et là vous en avez qu'une	TG-Eh3
donc au niveau d'une montagne comme la chaîne hercynienne, la croûte continentale est allé jusqu'à avoir 60 km d'épaisseur, parce qu'un continent normalement, il fait que trente km d'épaisseur	TG-Eh4
ça va jusque là ?	TG-Eh5
bien, cette montagne là, à partir du milieu de l'ère primaire, qu'est-ce qu'elle va subir ?	TG-Eh6
eh bien une montagne, une fois qu'elle s'est soulevé, y a plus qu'une chose qui peut lui arrivé c'est d'être grignotée par l'érosion	TG-Eh7
ah l'érosion ! Y a pas que les montagnes qui la subisse ! héhéhé	TG-Eh8
l'érosion, ...on grignote la montagne	TG-Eh9
mais je vais la grignoter par dessus	TG-Eh10
Et ma montagne aura été complètement décapé...alors regardez bien, la chaîne hercynienne elle devait faire à peu près en moyenne 6000m d'altitude, donc si une montagne fait 6000 m d'altitude, ça veut dire qu'il y avait des sommets qui dépassaient 8000 et puis y avait des creux, c'est si je lissais tout	TG-Eh11
quand je veux complètement éroder une montagne qui fait 6000m d'altitude, je ne dois pas grignoter 6000 m de roche, mais c'est beaucoup plus, parce qu'une montagne à complètement finie d'être érodée quand la croûte continentale est revenue à 30 km d'épaisseur,	TG-Eh12
or au niveau de la chaîne hercynienne, elle faisait 60 km d'épaisseur, donc combien d'épaisseur de roche j'ai du décapé ?	TG-Eh13
... c'est 30 km de roche que j'ai du décaper, pour que ma chaîne hercynienne disparaisse, parce que une montagne c'est comme un iceberg, vous en avez une petite partie qui dépasse, l'essentiel est par dessous	TG-Eh14
et quand vous grignotez un iceberg par le dessus, qu'est-ce qui se passe, si vous enlevez 1m à l'iceberg, est-ce que l'iceberg a diminué de 1m de hauteur par rapport au niveau de la mer ? Non parce que si vous avez enlevez 1m, y en a 80 ...	TG-Eh15
Fusion des racines hercyniennes	
qui se sont soulevés pendant ce temps, vous n'avez perdu que 20 cm »	TG-Fuh1
«donc au fur et à mesure que j'ai grignoté la montagne, eh bien les racines vont se soulever, puisqu'il y aura moins de pression par dessus »	TG-Fuh2
« et si mes racines se soulèvent au fur et à mesure que je grignote la chaîne de montagne, elle vont remonter, les racines qui remontent vont se retrouver à des profondeurs de plus en plus faibles »	TG-Fuh3
« et comme elles remontent très vite parce que l'érosion géologiquement est assez rapide, qu'est-ce qui va se passer ? les racines de cette chaine de montagne vont subir une baisse de pression très rapide alors qu'elles vont toujours rester à haute température et qu'est-ce qui va se passer ici ?»	TG-Fuh4
«et bien une partie des racines de la montagne va se mettre à fondre »	TG-Fuh5
« pendant l'érosion de la chaîne hercynienne »	TG-Fuh6
« la racine de la montagne qui fond parce que c'est en train de remonter vers le haut, et puis en haut, j'enlève des matériaux, ...donc non seulement elle va vers la surface, et en plus j'enlève des choses qui sont par dessus »	TG-Fuh7
« et ce mécanisme est assez rapide pour entraîner cette anomalie de décompression qui va générer du magma »	TG-Fuh8

«et ce magma qu'est-ce qu'il va faire ? Il va remonter sous la forme de petites bulles qui vont venir s'enchâsser au milieu des vieilles roches de la croûte continentale qui est passée par dessous »	TG-Fuh9
«jusqu'au moment où quand tout ça sera remonter, je vais me retrouver avec un continent qui aura été complètement aplani, tout ce qui est au dessus aura disparu, les racines seront remontées, elles font 30 km, et dans ces racines qu'est-ce que je vais avoir, je vais avoir mes petites bulles de granites qui se sont figées au milieu des vieilles roches qui constituaient la croûte continentale »	TG-Fuh10
« donc si je redessine cela ici, vous verrez pourquoi je redessine ce dessin »	TG-Fuh11
« j'avais mon continent qui a été complètement aplani, de la chaîne hercynienne, 30 km, y avait à l'intérieur les vieilles roches qui constituaient le continent , alors je veux pas rentrer (dans le détail?) , c'est ce que les géologues appellent les roches métamorphiques »	TG-Fuh12
«alors y en a une qui est très connue dans la région, c'est le gneiss »	TG-Fuh13
«des roches qui sont caractéristiques parce que les minéraux sont alignés »	TG-Fuh14
« et là dedans je vais avoir des bulles de granite, comme ça qui sont venus se figés l'une dans l'autre voilà comme ça, au sein des roches métamorphiques »	TG-Fuh15
« et voilà à quoi ressemble la coupe de notre continent à la fin de l'ère primaire »	TG-Fuh16
« et c'est dans une de ces bulles que j'ai dessiné, que encore en profondeur, s'est formé le granite de ...Mlle Dibona »	TG-Fuh17
« et bien entendu , à cette époque là la Dibona était encore à plusieurs centaines de m sous la surface terrestre »	TG-Fuh18
Fractionnement de la Pangée 1	
donc maintenant faut expliquer comment la Dibona, qui était à 500 ou enfin à quelques km sous nos pieds, sous le niveau de la mer, se retrouve aujourd'hui à 3000m d'altitude ...et un peu plus»	TG-FrPa1
«alors pour ça, pour le comprendre, je vais revenir ici »	TG-FrPa2
«à la fin de l'è re primaire tout ça va être décapé par l'érosion, et je me retrouve comme ça au tout début de l'ère secondaire »	TG-FrPa3
« et au début de l'ère secondaire qu'est-ce qui va se passer ? »	TG-FrPa4
« là je vais aller assez vite parce que finalement, l'histoire que je vais raconter, c'est l'histoire qui va propulser la Dibona à 3000m »	TG-FrPa5
« mais à part l'altitude de la Dibona, dans mon paysage ici, d'accord... je n'ai pas de témoins de cela »	TG-FrPa6
« pour trouver les témoins de ce que je vais raconter il faudrait au moins aller à bourg d'Oisans »	TG-FrPa7
«et qu'est-ce que je vais avoir à Bourg d'Oisans que je n'ai pas ici, dans le massif du Soreiller, c'est toutes les roches sédimentaires, qui vont apparaître durant l'ère secondaire »	TG-FrPa8
«qu'est-ce qui va se passer à l'ère secondaire ? »	TG-FrPa9

«dans le manteau terrestre, il y a des mouvements qui affectent le manteau, parce que les roches sont très chaudes en bas, un peu moins chaudes en haut, les plus chaudes étant plus légères, elles remontent vers le haut, celles qui sont en haut étant refroidies plus haut, elles replongent, il y a des convections dans le manteau terrestre exactement comme il y a des convection dans l'atmosphère »	TG-FrPa10
«si y en a qu'ont fait du parapente, une pompe c'est de l'air chaud qui vous propulse très haut et vous redescendez avec l'air froid »	TG-FrPa11
« donc finalement les géologues n'ont rien inventer dans le manteau terrestre, il se passe la même chose qu'il se passe dans l'atmosphère ou même dans l'eau des océans »	TG-FrPa12
« bien à cette époque là , au début de l'ère secondaire, les mouvements du manteau vont entraîner la dislocation de notre continent pangée »	TG-FrPa13
«les continents s'étaient rapprochés durant l'ère primaire, pendant l'ère secondaire, ils vont de nouveau se séparer »	TG-FrPa14
« et ces pulsations de notre planète où les continents se rapprochent pour n'en faire qu'un et se disloquent pour en faire plusieurs, ça s'est produit 3 ou 4 fois dans l'histoire de notre planète »	TG-FrPa15
«et entre le milieu de l'ère primaire et le fin de l'ère primaire, c'est la dernière fois où tous les continents ont été réunis pour n'en former qu'un seul »	TG-FrPa16
«et vous savez qu'aujourd'hui ils ne sont plus réunis, parce qu'entre-temps ils se sont éclatés, et l'éclatement s'est fait, je dirais, en trois temps	TG-FrPa17
« 1er temps : les mouvements vont écarteler le continent Pangée jusqu'à créer une déchirure, qui va se faire comme ceci»	TG-FrPa18
«cette déchirure va être effective au milieu de l'ère secondaire, dans une période que l'on appelle, merci M Spielberg parce que vous l'avez immortalisée, le jurassique ! »	TG-FrPa19
« au jurassique, le continent se disloque en deux »	TG-FrPa20
«entre ces continents s'installe un nouvel océan, cet océan, on va lui donner un nom, deux noms, les géologues romantiques vont lui donner le nom d'une déesse grecque, Téthys, fille de Nérée, et plus terre à terre, pour un géologue c'est pas un problème, ils vont l'appeler l'océan alpin , et vous comprendrez tout à l'heure pourquoi on l'a appeler l'océan alpin »	TG-FrPa21
« cet océan va s'agrandir à raison à peu près d'un cm par an pendant pratiquement 80 ma »	TG-FrPa22
«de telle façon que le continent sud va se déplacer vers le sud et le continent N va monter vers le nord »	TG-FrPa23
« le continent sud on l'a appeler le Gondwana »	TG-FrPa24
« et le continent N, on lui a donné le nom de Laurasia »	TG-FrPa25
« vous avez froid non ? »	TG-FrPa26
« alors ce que je propose, on rentre 5minutes à l'intérieur pour terminer ça et après on ressort pour faire le paysage après d'accord ?	TG-FrPa27
Fractionnement de la pangée 2	
cet océan en apparaissant scinde en deux le continent Pangée	TG-FrPb1
le continent N va vers le N et le continent S descend vers le sud, et ça pendant 80 ma, jusqu'à la fin de l'ère secondaire	TG-FrPb2

si rien ne s'était passé, et bien ça veurt dire que le continent sud serait arrivé au pôle sud et le continent N serait arrivé au pôle N	TG-FrPb3
il y a 80 ma, plus tard donc, à la fin de l'ère secondaire, un nouveau bouleversement va affecter notre planète	TG-FrPb4
et ce bouleversement va entraîner l'apparition d'un nouvel espace océanique, que vous aller reconnaître (schéma) vous allez me dire qui est-ce	TG-FrPb5
je viens d'ouvrir un nouvel espace océanique	TG-FrPb6
qui va scinder en deux le Gondwana, l'Afrique d'un coté , l'Amérique du s du l'autre, je viens d'ouvrir l'océan atlantique sud	TG-FrPb7
au nord, un océan apparaît, scindant la Laurasie en deux parties, l'eurasie ici et l'amérique du nord	TG-FrPb8
par contre regardez, l'atlantique S existait déjà	TG-FrPb9
l'atlantique sud c'est ce qu'il nous reste encore aujourd'hui de notre océan Téthys, ou océan alpin, d'accord	TG-FrPb10
alors quelle va être l'incidence dans notre histoire, de l'ouverture de l'atlantique nord et de l'atlantique sud	TG-FrPb11
l'atlantique N pour pouvoir séparer l'Eurasie de l'Amerique du N va devoir être repousser vers le sud est, alors que jusqu'à maintenant il montait vers le N	TG-FrPb12
Fermeture de l'océan alpin	
pour que l'atlantique sud puisse s'ouvrir, l'Afrique va être repoussée vers le NE, or jusqu'à maintenant, l'Afrique descendait vers le sud	TG-F-Oa1
regardez, j'ai inversé mes flèches	TG-F-Oa2
regardez bien , si l'Afrique descend, ...si l'Afrique monte vers le NE, et si l'Eurasie descend vers le SE, qu'est-ce qui va se passer ?	TG-F-Oa3
les continents, après s'être écarter pendant 80 ma, ces deux continents vont être obligés de se rapprocher l'un de l'autre, ok , ils vont être obligé de se rapprocher	TG-F-Oa4
et pour se rapprocher, ils vont devoirs dans un premier temps, obliger le plancher de l'océan alpin à disparaître en profondeur	TG-F-Oa5
alors l'Afrique pour se rapprocher de l'Europe, c'est un continent qui est tellement gros et tellement lourd, qu'il a du mal à se déplacer	TG-F-Oa6
l'Europe elle descend tranquille pépère, mais l'Afrique a du mal, donc l'Afrique va nous envoyer ses troupe légères en éclaireur vers l'Europe	TG-F-Oa7
l'Afrique va se disloquer sur toute sa partie E et toute sa partie N , à ce moment là	TG-F-Oa8
alors on va arracher quelque petit bout de blocs à l'Afrique (schéma) le premier là il va partir vers le sud, c'est l'antarctique, ou le pôle sud	TG-F-Oa9
et puis il y a un morceau qui va partir ici, il va partir à l'est mais il va rencontrer personne, il va s'isoler , tout seul, et il se détache de l'Afrique juste au moment où les premiers mammifères apparaissent, donc lui il part avec ses mammifères, et y a les autres qui restent en Afrique	TG-F-Oa10

et ceux qui se retrouvent les mammifères, les tout premiers mammifères qui se retrouvent sur cette île qui dérive, vont bien entendu se différencier au cours du temps, vers un groupe de mammifères très particuliers qui n'existent que sur cette île là, puisque ce sont les seuls mammifères qui vont donner un petit qui ne sera pas fini à la naissance et que la mère devra mettre dasn une poche ventrale pour qu'il finisse son développement, je parle des ... marsupiaux	TG-F-Oa11
dans les marsupiaux, y a le kangourou, le koala, le marsupilami... donc bien entendu je parle de l'Australie, non il y était pas celui là, donc bien entendu, je parle de ... l'Australie	TG-F-Oa12
hein , violà, et maintenant, ça va commencer à nous intéresser, parce qu'un morceau qui va commencer à se détacher ici, qui va avoir une forme un peu triangulaire, d'accord, il va se détacher, voilà comme cela , hop, (schéma) un petit triangle qui se détache de l'Afrique va venir remonter petit à petit, jusqu'à venir s'encastrer sous l'Asie, en ayant bien entendu refermé cette partie là de l'océan alpin, ce petit bout triangulaire c'est l'Inde	TG-F-Oa13
et l'Inde qui va venir s'encastrer sous l'asie va créer le début d'une grande chaîne de montagne , qui se terminera aux Alpes un peu plus tard, c'est bien entendu, la chaîne de l'Himalaya	TG-F-Oa14
attendez, l'Inde qui se détache de l'Afrique ouvre un nouvel espace océanique, l'inde en se détachant de l'Afrique a ouvert un océan récent qui est l'océan... indien, très bien ...	TG-F-Oa15
à coté ici y a un petit morceau rectangulaire qui se détache, qui va venir hop, buter contre les régions du proche et du moyen orient pour créer toute une série de chaîne de montagne qui va finalement se greffer à l'Himalaya,c'est toutes les montagnes qu'il y a autour, ça c'est la péninsule arabique qui ferme l'océan alpin, qui ouvre le golf d'Aden, et ici, la mer rouge	TG-F-Oa16
et là vous avez toutes les chaînes de montagne qui vont du Pakistan jusqu'en Turquie	TG-F-Oa17
allez qui est-ce qui me les site dans l'ordre ? Eh eh alors en Turquie c'est les Taurus, en Iran c'est le Zagros, et puis après vous avez les Makran, le Pamir et vous arrivez comme ça, à continuer la chaîne de montagne	TG-F-Oa18
et puis enfin, pile poil en face de chez nous, un petit morceau qui va se détacher de l'Afrique, ce petit morceau il correspondrait aujourd'hui à toute la partie est au-delà des Appenins et de l'Italie, à laquelle vous rajoutez l'Adriatique, et ce qu'on pourrait concevoir comme l'ancienne Yougoslavie, alors les géologues se sont amusés à appeler ça l'Apulie, alors pour simplifier, aux enfants on leur dit l'Italie, c'est plus facile	TG-F-Oa19
ce promontoire qui est comme ceci, en se détachant de l'Afrique, va refermer l'océan alpin	TG-F-Oa20
jusqu'au moment où il va se retrouver nez à nez avec l'Europe, là c'est l'Europe qui va lui passer par dessous, et quand l'Europe va passer sous l'Apulie, et que ça va se bloquer, ça va donner naissance à une montagne, qui nous ai oh combien chère, les Alpes !	TG-F-Oa21

et je vais donc avoir ici les Alpes qui vont venir se greffer par les Carpates ensuite, au Taurus, et là je vais avoir toute une série de chaine de montagnes qui vont se terminer là , et là il va nous rester, l'océan Atlantique central, qui n'a pas été refermé	TG-F-Oa22
et donc là vous avez toutes les chaînes alpines, tout à l'heure je vous dais dit pourquoi on a appelé cet océan l'océan alpin, parce quand cet océan alpin s'est refermé, il a donné naissance à ce que les géologues appellent les chaines alpines	TG-F-Oa23
et les chaînes alpines pour les géologues, ça va de l'Himalaya jusqu'aux Alpes dans les chaînes alpines, il y a les alpes au sens stricte du terme	TG-F-Oa24
tiens au fait, quand l'Apulie s'est détachée de l'Afrique, elle a fermé l'océan alpin mais elle a ouvert un autre petit océan, qui nous ai oh combien chère, surtout qu'il doit faire vachement moins froid au bord, c'est la mer méditerranée , la mer mediterranée qui s'est ouverte lorsque ce petit bout, voilà ...et	TG-F-Oa25
voilà à peu près aujourd'hui où est-ce qu'on en est	TG-F-Oa26
Érosion des Alpes	
alors moi, si je reviens maintenant ici, ok, quand bien entendu l'Europe passe sous l'apulie, cela va générer une chaîne de montagne qu'on appelle les Alpes, et ça c'est la partie européenne qui était constituée des vestiges de la chaîne hercynienne, qui s'est retrouvé soulevé en altitude, dans notre région par les Alpes	TG-ErA1
donc tout ça a été soulevé par les Alpes, donc mon aiguille Dibona qui était peut être 500m sous les continents, se retrouve toujours sous le continent, mais maintenant remonté à 3000m d'altitude	TG-ErA2
mais l'aiguille Dibona n'est toujours pas apparente à la surface lorsque les Alpes se sont soulevées il faudra une dernière étape, pour arriver à faire apparaître l'aiguille Dibona	TG-ErA3
et cette dernière étape c'est laquelle ? C'est l'érosion de nos Alpes, qui a commencé à l'est, le Queyras, qui a été trè s érodé, puisque l'on pense, les géologues, que c'est dans le Queyras que l'on a eu les plus haut sommets que les Alpes ont connus, pas les Hommes	TG-ErA4
quand les Alpes ont commencé à se former, ça a d'abord été le Queyras qui s'est soulevé , et puis petit à petit le soulèvement s'est déplacé vers l'ouest, d'accord, le Queyras s'est soulevé, il y a à peu près entre 60 et 40 ma	TG-ErA5
cette région là des Alpes s'est soulevé il y a moins de 5 ma, vous voyez un petit peu le décalage »	TG-ErA6
donc nous on continu encore à se soulever, alors que le Queyras est complètement en train de disparaître par l'érosion	TG-ErA7
et on pense que c'est dans le Queyras que l'on a eu les sommets les plus élevés des Alpes avec peut des sommets à plus de 6000m d'altitude, par rapport aux roches que l'on aujourd'hui, et sur lesquelles ont peut estimer ce que l'on avait avant l'érosion	TG-ErA8
alors cette érosion elle va se faire de plusieurs façons »	TG-ErA9
alors quand on est dans une chaîne de montagne, il y a deux agents très puissants de l'érosion, bon , c'est lesquels ? »	TG-ErA10

le vent pas trop, le vent a un très fort rôle d'érosion dans le déhsert, mais en montagne pas trop, et le granite ça résiste heinla pluie un petit peu mais pas trop non plus »	TG-ErA11
alors le gel en haute altitude et ... c'est liéh avec le gel, ...non,...c'est les glaciers »	TG-ErA12
les glaciers vont creuser les vallées en empruntant d'anciennes fractures	TG-ErA13
la vallée du Vénéon a été creusée par un glacier, dont on peut estimer l'altitude , parce que quand vous regardez en face vous voyez les roche moutonnées jusqu'à un certain niveau	TG-ErA14
c'est le niveau atteint par les plus haut glaciers	TG-ErA15
et après au dessus les roches ne sont plus moutonnées parce que c'était au dessus du glacier	TG-ErA16
donc il n'y a jamais eu de glacier qui recouvrait me totalité des Alpes	TG-ErA17
comme on la cru il y a encore une cinquantaine d'années, où on le croyait encore à cette époque là	TG-ErA18
donc il y a eu de très gros glaciers mais qui faisaient ici 500 à600 m d'épaisseur de glace, voire plus, et au dessus, les crêtes elles n'ont jamais été recouvertes par la glace	TG-ErA19
donc seules les vallées ont été creusées par les glaciers	TG-ErA20
et toutes les crêtes ont été modelées par l'action du gel	TG-ErA21
et le gel qu'est-ce qu'il va faire, il va s'engouffrer... l'eau s'engouffre dans les fissures, il gèle , l'eau se dilate et on écarte les fissures, petit à petit on arrive à isoler des blocs et après, la gravité fait le reste, badaboum, ça tombe au fond	TG-ErA22
choses que je n'ai pas encore dite, c'est que quand tout cela va se soulever avec les Alpes, comme ça c'est de la croûte continentales qui est rigide, en même temps qu'elle se soulève, toute cette zone là va être affectée par des fractures, d'accord qui vont être un petit peu dans toutes les directions	TG-ErA23
et ces fractures vont être reprises par les glaciers qui vont creuser les vallées profondes	TG-ErA24
et c'est pas le biais de ces fractures aussi sur les crêtes, que l'eau va faire son travail, en gelant de, petit à petit, donc de ciseler les arrêtes, telles qu'on les a aujourd'hui	TG-ErA25
alors pour terminer, ... est-ce que j'ose vous demander de sortir... non ? C'est pas grave, je vous fais le dessin et après ceux qui veulent vous irez vérifier dehors , eh eh eh , j'ai pitié voilà	TG-ErA26
Bilan : description paysage	
donc on était dans une montagne, voyez, bon elle était très peu érodée à cette époque là, cette montagne était essentiellement constituée de roches, des vieilles roches liées à la formation de la chaîne hercynienne, des roches métamorphiques, et après j'en parlerai un peu pour ceux qui grimpent, pour les autres aussi »	TG-DescP1
et ici au sein de ces roches métamorphiques, on a deux grosses bulles, on appelle ça des plutons de granite, »	TG-DescP2
qui faisait chacun un peu plus d'un km de diamètre »	TG-DescP3
donc deux grosses bulles de magma, qui sont venues se figer comme ceci, et la deuxième a plus ou moins télescopé la première et donc là je mets mon granite »	TG-DescP4

voilà, ok, ...voilà à quoi ressemblait notre montagne avant l'érosion, si j'avais été capable de faire une coupe à travers la montagne et puis après l'érosion va ciseler tout ceci	TG-DescP5
d'accord ? alors maintenant je vais dessiner le trait d'érosion entre St Christophe et , je dirais La Bérarde, mais on va faire ça sur la ligne de crête, entre le Pic Gaspard , n'ayons pas peur, et l'aiguille du Plat de la Selle	TG-DescP6
alors je commence ici, l'érosion elle va me faire cela, d'accord, après je vais descendre, au cœÏur de cette bulle de granite et là je vais faire toute une série de petits sommets , et un qui est bien pointu au milieu, vous voyez ce que je veux dire	TG-DescP7
après je vais repartir par là, un petit sommet qui va être comme ceci, après je vais repartir, je vais créer un sommet comme ça, et je vais faire ça et puis je vais arriver à dessiner quelque chose comme ça	TG-DescP8
alors maintenant je vais effacer avec mon doigt magique, tout ce que j'ai en trop, et tout ça c'est l'action du gel donc je vais enlever tout ce qui est ici »	TG-DescP9
voilà, hop »	TG-DescP10
et je me retrouve donc comme cela	TG-DescP11
Alors je vais accentuer, je vais mettre en noir toutes les parties qui sont les vieilles roches au cœur desquelles le granite s'est mis en place, avec mes deux bulles	TG-DescP12
et maintenant on va donner un nom à tous ces sommets	TG-DescP13
ça c'est quoi, c'est l'aiguille du Plat de la Selle, elle est pas bien loin elle est là bas en face, il est constitué de quoi son sommet ? De roches métamorphiques c'est du gneiss	TG-DescP14
voilà, à la base si je descend un peu je trouverez du granite	TG-DescP15
et puis là on rentre dans le cirque du Soreiller, et ça c'est quoi ? Les aiguilles du Soreiller et la petite pointue que j'ai dessinée là ...c'est ... bien entendu, la Dibona !	TG-DescP16
après je repart ici, hop, et j'arrive sur un petit sommet où en bas c'est bien blanc parce que c'est du granite, et au dessus c'est tout rouge parce que c'est du gneiss	TG-DescP17
ce sommet il est juste là c'est le Plaret	TG-DescP18
d'accord donc le Plaret c'est du gneiss, l'aiguille du Plat de la Selle c'est du gneiss, et entre les deux regardez, cette bulle de granite a été complètement travaillé par l'érosion, c'est le cirque du Soreiller	TG-DescP19
ce pluton granitique, les géologues l'appelle le granite des Etages, parce qu'il a quelques petites différence chimiques, avec le granite qui est à coté cette grosse bulle de granite, qui s'est télescopé avec l'autre, que l'on va appeler le granite de la Bérarde, qui est un tout petit peu différent	TG-DescP20
et le granite de la Bérarde, je commence à le trouver ici, et là qu'est- ce que je vais avoir, le Rateau, ah le Rateau vous avez vu il est entièrement granitique,	TG-DescP21
le Rateau c'est le plus haut sommet entièrement granitique du sommet des Ecrins	TG-DescP22
et puis après j'ai la Brèche de la Meije, et puis là je remonte, et je remonte très haut, à tel point que l'érosion n'a pas complètement enlevé les gneiss qui sont au-dessus de cette belle montagne, qui s'appelle la Meije	TG-DescP23

donc au sommet de la Meije, les arêtes de la Meije, ...vous avez vu à quoi ça ressemble, allez je vous dessine d'accord	TG-DescP24
voilà on fait ça , et ici, vous avez le glacier carré, et puis du glacier carré vous avez une écharpe de neige qui part comme ceci, d'accord , et puis là si je continue, par la pensée, je vais arriver ici au Rateau, et regardez tout ça c'est ma bulle de granite figée au sein des roches métamorphiques qui sont là	TG-DescP25
et le glacier carré est installé sur la banquette, où l'érosion a surcreusé parce qu'on change de n ature de roche,	TG-DescP26
ok, et là après , cette limite, elle part et elle vient surligner la bande de neige qu traverse toute la face sud de la Mieje , à partir du glacier carré	TG-DescP27
et on voit très bien la forme en coupole de la bulle de granite qui s'est enchâssé dans les roches métamorphiques qui créent le sommet	TG-DescP28
quand vous passez ici le pas du chat, sur la voie normale de la Meije, vous quittez le granite pour entrer dans le gneiss	TG-DescP29
et ceux qui grimpent ici, y a des voies modernes ici qui sont très dures, dans du très bon granite, après au dessus, si vous continuez, vous arrivez dans le gneiss,	TG-DescP30
le gneiss, c'est quoi c'est une roche où il y a beaucoup de mica et où ils sont tous alignés en petits lits, donc c'est une roche déjà feuilletée et que le gel va très facilement débiter	TG-DescP31
donc c'est une roche beaucoup plus friable que le granite	TG-DescP32
et dès que vous quittez la bande de granite, vous rentrez dans des roches qui sont beaucoup plus délicates à l'escalade	TG-DescP33
ok, vous savez que le granite c'est la roche emblématique du grimpeur, c'est une bonne roche, surtout à la Dibona	TG-DescP34
je vous dis un petit truc mais vous le répéterez pas : même les chamoniards ils nous l'envient, c'est vous dire ! Même dasn le Mont Blanc vous avez pas un granite aussi bon qu'ici ! bon ben ça c'est une autre histoire, c'est un petit peu les petites vengeances personnelles, c'est pas grave,... héhéhé, c'est pas beau, d'accord,	TG-DescP35
et donc, voilà un petit peudonc l'environnement et comment on peut expliquer ce cirque ensoleillé, et ensoleillée en vieux patois ça se dit Soreillé, d'accord, le cirque du Soreillé, voilà, entre l'aiguille du plat de la Selle et la Meije, ok ?	TG-DescP36
Bilan : Description paysage 2	
voilà ce que j'allais direpeut être ce soir au repas, ceux qui seront encore là , ce soirt ce que l'on peut faire après le repas, c'est regarder un petit peu la carte géologique, faire une autre approche un peu plus pointuie des roches, et comment c'est cartographié sur les cartes, voilà,	TG-DescPb1
est-ce que vous avez des questions à poserpar rapport à tout ça ? c'est prétentieux, vous vous rendez compte ? je viens de vous raconter 500 MA en une heure !	TG-DescPb2
faut le faire hein ?	TG-DescPb3
mais le tout, si vous arrivez à reconnaitre un petit peu les paysages	TG-DescPb4
alors regardez juste en face, vous avez une maginfique montagne, qui est en face de nous, au fond du vallon des étages, qu'on appelle la pointe du vallon des étages	TG-DescPb5

alors je vais vous la dessiner, parce que elle c'est la même chose qu'on a là, ce qu'il y a c'est que moi je vous ai fait une coupe comme ceci, mais si je l'avais faite comme ceci, je serai parti de la pointe du vallon des étages, jusqu'à la Dibona, et je retrouvais la même chose parce que regardez là bas en face, vous voyez la pointe du vallon des étages, elle est toute blanche, c'est du granite, et en haut, c'est rouge, ce sont des gneiss	TG-DescPb6
et puis si vous regardez bien vous voyez y a une cassure entre les deux, qui décale la partie sommitale du granite,	TG-DescPb7
alors si je dessine ça je vais la dessiner ici, l'aiguille du plat de la Selle, voilà, elle fait à peu près ça, hop, allez hop je monte comme ça , une petite brêche au sommet, une petite pointe, après je descend comme ça, voilà, elle est comme ça	TG-DescPb8
et puis si je vois le granite, il est comme ça, voilà, ça descend, hop et puis, et là j'ai, pfouit, ... le granite il descend comme ça, il arrive ici, et puis là par contre il est comme cela, et il va partir ici, voilà, donc là regardez,	TG-DescPb9
j'ai ici le granite, qui s'est enchassé dans les roches métamorphqiues qui constituent la partie haute	TG-DescPb10
et donc là, qu'est ce que c'est cette grande cassure ?	TG-DescPb11
c'es une faille qui a décalé, comme ceci, la petite bulle de granite qui était par dessous	TG-DescPb12
cette faille s'est probablement faite pendant le souèvement des Alpes	TG-DescPb13
ou pendant le , ... comme ces roches étaient très rigides, comme on les faisaient bouger, elles se sont fracturées régulièrement, voilà, et la forme de l'aiguille Dibona, et bien, vous aviez des réseaux de fractures qui étaient comme ceci, et comme cela, et ben , là vous avez largement de quoi comprendre pourquoi la Dibona cette forme un petit peu triangulaire	TG-DescPb14
hein si vous reprennez les réseaux de fractures quiaffectent notre secteur, ok,	TG-DescPb15
voilà donc on retrouve un peu la même chose hein, ces chapeau de roches métamorphiques, où l'escalade est quand même somme toute très délicate, alors les alpinistes ils appellent ça des roches pourries, alors, pour nous en géologie pourrie c'est pas tout à fait le mots adéquate, c'est seulement qu'elles sont feuilletées, qu'elles se délitent plus facielemet et que c'est vrai que de temps en temps vous prenez un prise beh, elle vient avec vous, bon, c'est toujours un eu génant quand vous grimpez, hein,	TG-DescPb16
voilà, tandis que le granite c'est quand même une valeur sûre, hein	TG-DescPb17
voilà, ok,	TG-DescPb18

Documents complémentaires à la partie « Étude de cas » : Résultats

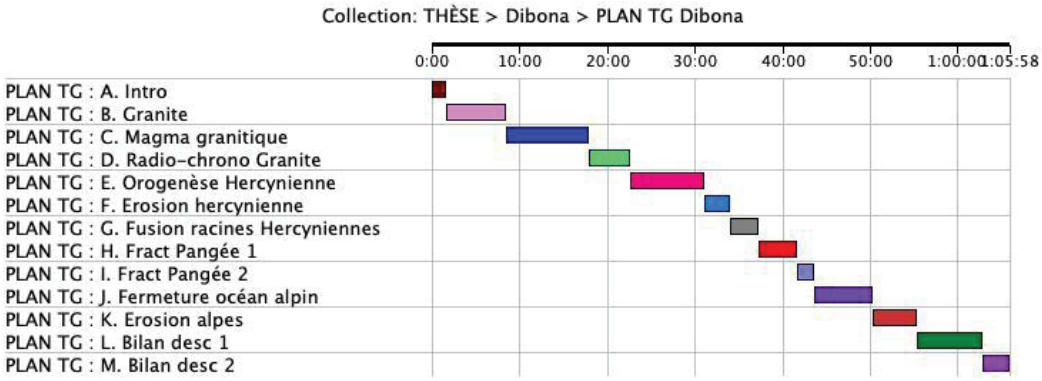
1 Organisation séquentielle de l'activité géologique de terrain « Dibona TG »

Table 1 – La mise en récit structure la médiation de terrain « Dibona-TG »

Séquence Nř	Code	Désignation
S1	TG-I1 / TG-I11	Introduction
S2	TG-P1 / TG-P56	Pétrologie du granite
S3	TG-M1 / TG-M48	Magma granitique
S4	TG-R1 / TG-R23	Radio-chronologie du granite
S5	TG-Th1 / TG-Th37	Tectonique hercynienne
S6	TG-Eh1 / TG-Eh15	Érosion de la chaine hercynienne
S7	TG-Fuh1 / TG-Fuh18	Fusion des racines hercyniennes
S8	TG-FrPa1 / TG-FrPa27	Fractionnement de la Pangée 1
S9	TG-FrPb1 / TG-FrPb12	Fractionnement de la Pangée 2
S10	TG-FOa1 / TG-FOa26	Fermeture de l'océan alpin
S11	TG-ErA1 / TG-ErA26	Érosion des Alpes
S12	TG-DescPa1 / Tg-DescPa36	Bilan : description paysage 1
S13	TG-DescPb1 / TG-DescPb18	Bilan : description paysage 2

2 Organisation chronologique de la mise en récit dans la situation « Dibona-TG »

Figure .1 – Organisation chronologique de l'intervention Dibona-TG



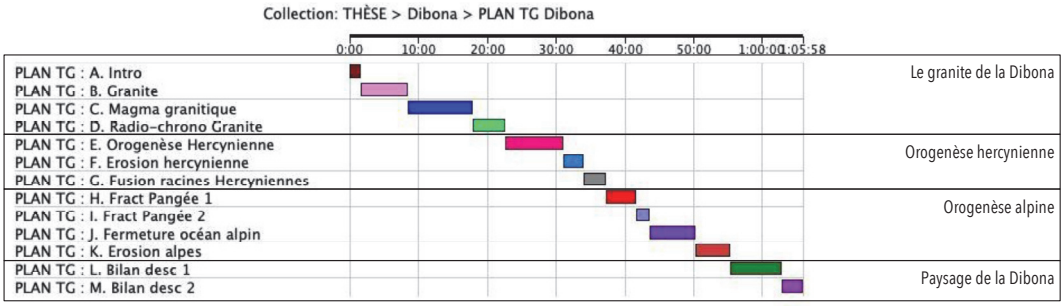
3 Organisation séquentielle des arrêts de l'activité géologique de terrain « Fournel RC » :

Table 2 – La mise en récit structure la médiation de terrain

Arrêt Nř	Code	Désignation
A1	RC-I01 / RC-I121	RC Fournel 1 Introduction
A2	RC-P01 / RC-P70	RC Fournel 2 Paysage
A3	RC-G01 / RC-G67	RC Fournel 3 Gneiss et Granite
A4	RC-N101 / RC-N136	RC Fournel 4 Nummulites 1
A5	RC-N2-01 / RC-N264	RC Fournel 5 Nummulites 2
A6	RC-BC01 / RC-BC35	RC Fournel 6 Bas Cascade
A7	RC-HC01 / RC-HC203	RC Fournel 7 Haut Cascade
A8	RC-F01 / RC-F209	RC Fournel 8 Final

4 Organisation chronologique de la mise en récit dans la situation « Fournel-RC »

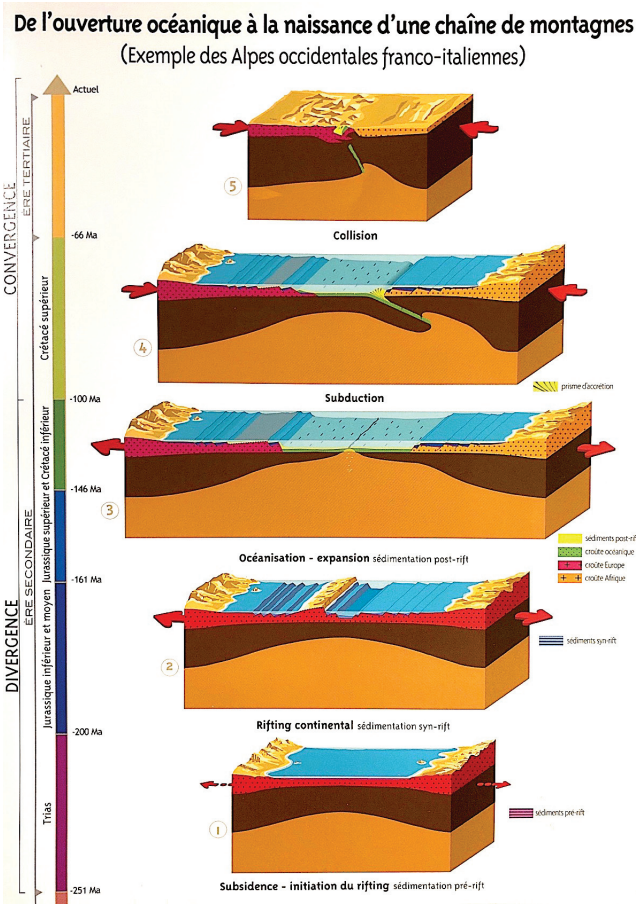
Figure .1 – Organisation en récit encadré dans la situation Dibona-TG



Documents annexes Sorties Géologiques

1 Documents Sortie géologique RC-Fournel

FIGURE .1 – Un modèle historique hybride



Les deux perspectives narratives dans le processus de mise en récit en situation de médiation scientifique

1 Deux types de perspectives narratives

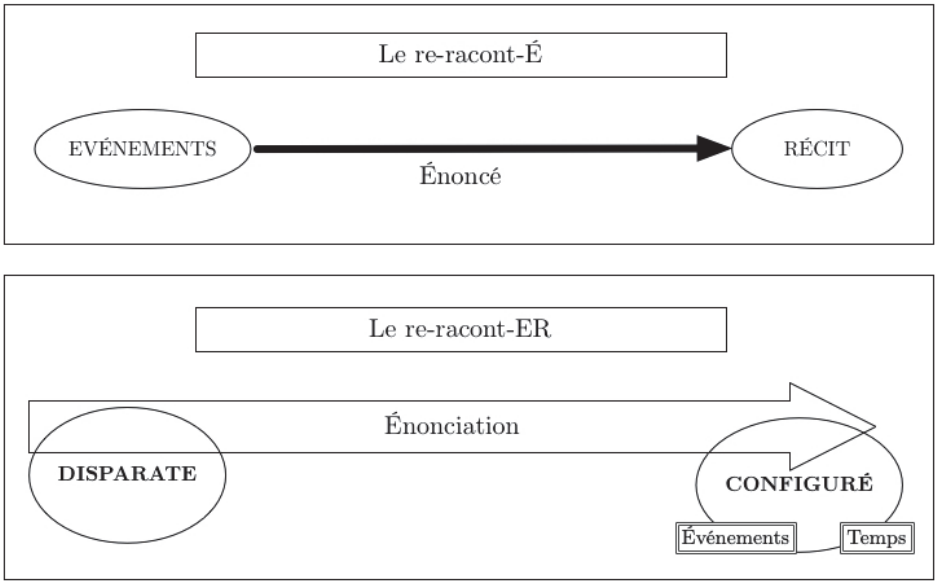



FIGURE .1 – Les deux perspectives narratives dans le processus de mise en récit en situation de médiation scientifique