



HAL
open science

La carte géologique dans l'enseignement secondaire Bilan historique et didactique, réflexion et propositions d'apprentissage

Pierre Savaton

► To cite this version:

Pierre Savaton. La carte géologique dans l'enseignement secondaire Bilan historique et didactique, réflexion et propositions d'apprentissage. Education. Université Paris-Diderot - Paris VII, 1998. Français. NNT: 1998PA070044 . halshs-00003974

HAL Id: halshs-00003974

<https://theses.hal.science/halshs-00003974v1>

Submitted on 27 Jun 2005

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.

UNIVERSITE PARIS VII-DENIS DIDEROT
UF Didactique des disciplines

Année 1998

N° attribué par la bibliothèque : 28110L1

THESE

pour l'obtention du Diplôme de

DOCTEUR DE L'UNIVERSITE PARIS VII
SPECIALITE : DIDACTIQUE DES DISCIPLINES

par

Pierre SAVATON

le 22 septembre 1998

Titre :

La carte géologique dans l'enseignement secondaire
Bilan historique et didactique, réflexion et
propositions d'apprentissages

JURY

Président,
Rapporteur,
Rapporteur,
Examineur,
Directeur de thèse,
Directeur de thèse,

M. Jean-Louis MARTINAND
M. Jean-Pierre ASTOLFI
M. Philippe ROSSI
M^{me} Yvette VEYRET
M. Gabriel GOHAU
M. Guy RUMELHARD

Sommaire

Problématique et objectifs de cette recherche	7
Problématique et méthodologie	9
I. Le bilan sur l'enseignement de la carte géologique dans le secondaire.....	9
II. Discussion sur les potentialités formatives de la carte.....	10
I. Bilan de 150 ans d'enseignement de la carte géologique	11
Le savoir savant de référence : étude descriptive des cartes géologiques depuis le début du XIXe siècle	12
Préambules.....	12
1. Des projets et esquisses, à la carte géologique de France de Dufrénoy et Elie de Beaumont....	13
1.1. Premiers projets.....	13
1.2. Premières réalisations.....	13
1.3. Les cartes géognostiques de Cuvier et Brongniart et de d'Omalius d'Halloy.....	16
1.4. La carte géologique de Dufrénoy et Elie de Beaumont.....	18
1.5. L'explosion de la publication de cartes géologiques.....	19
2. Les cartes géologiques départementales.....	20
2.1. Le projet de carte départementale.....	20
2.2. Une diversité de contenus.....	21
3. La couverture au 1/80 000	23
3.1. La nécessité d'une couverture nationale.....	23
3.2. Un contenu codifié.....	24
3.3. La carte géologique réduite au 1/320 000.....	27
4. La carte au 1/1 000 000 : les 5 premières éditions.....	27
4.1. L'édition de 1889.....	27
4.2. L'édition de 1905.....	28
4.3. Les mises à jour de 1933 et 1955.....	29
4.4. L'édition de 1968, ou l'édition du centenaire.....	30
5. La couverture au 1/50 000	31
5.1. Des débuts difficiles.....	31
5.2. Un projet ambitieux.....	32
5.2.1. Le contenu souhaité.....	32
5.2.2. Au bilan, 20 ans après.....	34
5.3. La carte régionale au 1/250 000.....	35
6. La carte au 1/1 500 000	36
7. La 6e édition de la carte au 1/1 000 000.....	37
Conclusion.....	39
Le savoir à enseigner : les textes officiels	40
1. Avertissement à l'étude des textes et programmes officiels d'enseignement.....	40
1.1. Pourquoi étudier les textes et les programmes officiels ?.....	40
1.2. Le corpus des textes officiels.....	43
1.3. Histoire ou regard historique ?.....	44
2. Etapes historiques.....	45
2.1. L'introduction de l'enseignement des sciences.....	45
2.1.1. L'enseignement secondaire né de la Révolution.....	45
2.1.2. Les lycées napoléoniens : introduction d'un enseignement de minéralogie.....	46
2.1.3. Les collèges royaux de la restauration.....	48
2.2. L'introduction de l'enseignement de la géologie.....	50
2.2.1. Une fausse entrée en scène durant la Monarchie de Juillet (1830-1848).....	50

2.2.2. L'enseignement secondaire spécial (1847).....	52
2.2.3. La bifurcation des études (1852).....	54
2.2.4. L'après bifurcation (1863).....	56
2.2.5. Le plan Jules Ferry (1880).....	58
2.3. Evolution de l'enseignement des cartes géologiques : 1890-1995.....	60
2.3.1. Une géologie sans carte.....	60
2.3.2. Les premiers travaux pratiques sur les cartes.....	64
2.3.3. Un enseignement de la cartographie géologique	69
2.3.4. Le recul de l'enseignement de la carte.....	73
2.4. Bilan sur l'enseignement de la carte géologique à travers les textes et programmes officiels.....	76
2.4.1. Résumé de deux siècles d'enseignement.....	77
2.4.2. Les utilisations de la carte.....	78
2.4.3. La production de cartes.....	79
Le savoir enseigné : approche à travers les livres scolaires.....	80
1. Livres scolaires et savoirs enseignés.....	80
1.1 Une approche du savoir enseigné.....	80
1.2. Une analyse des livres scolaires.....	81
2. L'enseignement de la carte avant 1959.....	83
2.1. Le commentaire de la carte géologique de France.....	83
2.2 Travaux avec et sur la carte.....	86
2.2.1 Discours sur la carte et exercices de lecture ponctuelle.....	86
2.2.2 L'exercice pratique de lever d'une carte simplifiée.....	90
2.2.3 La construction de coupes géologiques.....	91
3. L'enseignement de la carte depuis 1959.....	93
3.1 Evolution de l'enseignement en classes de 4e et 3e	93
3.1.1 Le lever d'une carte géologique locale simplifiée.....	94
3.1.2 Les utilisations de la carte	100
3.1.2.1 La présentation de la carte.....	101
3.1.2.2 Les lectures géographiques.....	104
3.1.2.3 Les cartes thématiques.....	105
3.1.2.4 L'étude des relations spatiales entre terrains.....	107
3.1.2.5 L'histoire géologique.....	110
3.1.3 Les cartes géologiques présentées : fond et forme.....	111
3.2 L'enseignement en lycées.....	114
3.2.1 Caractérisation de l'enseignement de cartographie en classe de 1re D.....	114
3.2.1.1 Présentation des cartes et analyse comparée des cartes et photographies aériennes	115
3.2.1.2 Etude sur la disposition des terrains.....	118
3.2.1.3 La reconstitution de l'histoire géologique.....	121
3.2.2 La classe de 1re S : vers un enseignement de géodynamique globale.....	122
3.2.3 L'étude des ressources géologiques en classe de 2nde.....	124
3.2.4 La chronologie relative dans l'enseignement de spécialité de la terminale S.....	126
4. Conclusions sur un siècle et demi d'enseignement.....	127
Le savoir des enseignants : place de la carte dans les concours de recrutement (CAPES et Agrégation).....	129
Préambule.....	129
1. Les concours de recrutement : historique et contenu.....	130
1.1 L'agrégation.....	130
1.2 Du CAEC au CAPES.....	132
1.3 Les autres catégories d'enseignants.....	133
1.4 Domaine de l'étude.....	133
2. L'exercice pratique de cartographie de l'agrégation externe.....	134

2.1 Nature et évolution de l'épreuve.....	134
2.2 Jugements portés par les jurys sur les résultats.....	141
3. L'épreuve écrite de géologie (Agrégation, CAPES).....	143
3.1 Travaux demandés sur la carte géologique.....	143
3.2 Rapports des jurys sur ces travaux de cartographie.....	146
4. Epreuves et questions orales.....	146
4.1 Place de la carte dans les leçons et questions d'orales.....	146
4.1.1 Typologie des leçons faisant appel à la carte géologique.....	147
4.1.2 Fréquence.....	149
4.2 Importance portée à la carte par les jurys.....	151
Bilan sur les savoirs attendus des enseignants aux concours de recrutement (Agrégation, CAPES)	152
Conclusion	153

II. La carte géologique : pour quel apprentissage ?..... 155

Analyse du contenu de la carte..... 156

Préambule.....	156
1. La dimension chronologique et temporelle.....	157
1.1 Le temps sédimentaire.....	157
1.1.1 Eléments de stratigraphie.....	157
1.1.2 Codage cartographique du temps sédimentaire.....	160
1.2. Le temps magmatique.....	161
1.2.1. Mesure relative au temps sédimentaire.....	161
1.2.2 Mesure relative au temps présent	163
1.2.3 Codage cartographique du temps magmatique.....	164
1.3 Le temps métamorphique.....	165
1.3.1 Temps double et plus.....	166
1.3.2 Codage cartographique.....	166
1.4 Les codages cartographiques du temps	167
2. La dimension spatiale.....	167
2.1 Le codage du relief.....	168
2.2 L'espace souterrain : l'espace géologique.....	170
3. La dimension interprétative.....	173
3.1 Interpréter.....	174
3.2 L'interprétation dans la carte géologique.....	175
3.2.1 La construction de la carte.....	175
3.2.2 La lecture de la carte.....	179

L'apprentissage des dimensions : espace, temps et interprétation 183

1. L'espace.....	183
1.1 Constat.....	183
1.2 Pistes de réflexion.....	184
1.2.1 L'illusion de l'opérationnalité.....	185
1.2.2 Auxiliaire mais pas substitut.....	186
1.2.3 La transposition des représentations en 3D et en 2D.....	186
2. Le temps.....	189
2.1 Constat.....	190
2.2 Pistes de réflexion.....	190
2.2.1 La chronologie des événements.....	190
2.2.2 De la durée à la vitesse des événements.....	192
2.2.3 Rôle potentiel de la carte dans l'apprentissage du temps géologique.....	194
3. L'interprétation.....	195
3.1 Constat.....	195

3.1.1	Enquête sur la prise en compte de l'interprétation par des élèves.....	195
3.1.2	Interprétation et approche épistémologique de la connaissance.....	202
3.2	Réflexion sur un apprentissage de la construction d'un savoir : la carte géologique.....	203
3.2.1	Observation et interprétation : le lever cartographique.....	204
3.2.2	Interprétation : de la minute à la carte.....	205
Travail sur l'interprétation : protocoles d'apprentissages	207
1.	Mise en oeuvre d'un apprentissage expérimental.....	207
1.1	Contraintes humaines et matérielles.....	207
1.2	Occasions d'expérimentations.....	208
2.	Propositions d'apprentissages.....	210
2.1	Observer, ou questions sur le lever de terrain.....	210
2.1.1	L'étude descriptive du contenu de la carte géologique.....	210
2.1.2	L'étude analytique de la carte des affleurements et des notes du carnet de terrain.....	211
2.1.3	L'étude de terrain.....	212
2.2	Interpréter, ou la transformation de la minute en carte.....	214
2.2.1	La dimension spatiale des cartes.....	214
2.2.2	L'argumentaire interprétatif.....	215
2.2.2.1	Première étape.....	215
2.2.2.2	Deuxième étape.....	219
2.2.2.3	Troisième étape.....	220
2.2.2.4	Quatrième étape.....	223
2.2.2.5	Cinquième étape.....	226
Conclusion générale	229
Bibliographie	230
Annexes	239
Annexe 1 : Légendes et listes de cartes.....		240
Légende de la carte géologique de la France de Dufrénoy et Elie de Beaumont (1841)....		240
Légende de la carte géologique du département des Côtes-du-Nord, d'Eugène de Fourcy (1844).....		242
Liste des cartes géologiques départementales.....		243
Carte géologique détaillée de la France au 1/80 000.....		246
Carte géologique de la France au 1/320 000.....		251
Légende de la carte géologique de la France au 1/500 000 de L. Carez et G. Vasseur, (1885-1886).....		252
Légende de la carte géologique de la France au 1/1 000 000, 1re édition, 1889.....		254
Légende de la carte de la France au 1/1 000 000, 4e édition, 1955.....		255
Légende de la carte géologique de la France au 1/1 000 000, 5e édition, 1968.....		256
Légende de la carte géologique de la France... au 1/1 500 000, 1980.....		257
Légende de la carte géologique de la France au 1/1 000 000, 6e édition, 1996.....		258
Annexe 2 : Table chronologique des textes officiels cités dans le corps du texte et en notes de bas de page.....		260
Annexe 3 : Corpus des manuels scolaires étudiés classés par ordre alphabétique des éditeurs..		264

Index des tableaux

Tableau 1 : Quelques caractéristiques des différentes cartes géologiques de la France à petite échelle	39
Tableau 2 : Caractéristiques des cartes géologiques de détail.	40
Tableau 3 : Plan d'étude des lycées en 1802 (d'après Nicole HULIN-JUNG, 1989)	47
Tableau 4 : Organisation des lycées (enseignement secondaire classique) après la réforme Fortoul	55
Tableau 5 : Organisation de l'enseignement secondaire spécial : réforme Rouland (1865)	58
Tableau 6 : Organisation de l'enseignement des lycées après la réforme Jules Ferry (2 août 1880)	59
Tableau 7 : Organisation de l'enseignement secondaire spécial après la réforme de 1886	60
Tableau 8 : Réforme de l'enseignement secondaire (1898)	62
Tableau 9 : Unification de l'enseignement secondaire : la réforme de 1902	64
Tableau 10 : Comparaison des programmes de sciences naturelles de l'ES, des EPS et CC (1920)	66
Tableau 11 : Déroulement du concours de l'agrégation externe (1910 à 1997)	131
Tableau 12 : Déroulement du concours du CAPES externe (1950-1997)	133
Tableau 13 : Nature des épreuves pratiques de cartographie du concours de l'agrégation (1910-1958).	136
Tableau 14 : Nature des épreuves pratiques de cartographie du concours de l'agrégation (1964-1997).	137
Tableau 15 : Sujets d'écrit du CAPES externe renfermant une carte géologique (1972-1997).	145

Index des figures

Figure 1 : Extrait de la Carte Minéralogique de la France et de l'Angleterre de Guettard (1746)	16
Figure 2 : Extrait de la Carte géognostique des environs de Paris de Cuvier et Brongniart (1811)	18
Figure 3 : Extrait de la Carte Géologique du Bassin de Paris ... d'Omalius d'Halloy (1816)	19
Figure 4 : Extrait de la carte géologique au 1/80 000, Laval, N°76, 2e éd. 1960	27
Figure 5. Extrait de la carte géologique de la France au 1/1 000 000, 4e édition, 1955	30
Figure 6. Extrait de la carte au 1/1 000 000, 5e édition, 1968	31
Figure 7. Extrait de la carte géologique au 1/50 000, Château-Gontier, N°391, 1re éd., 1987.	35
Figure 8 : Relations entre enseignement secondaire spécial et classique (1847)	54
Figure 9 : Enseignement primaire supérieur, cours complémentaires et enseignement secondaire : 3 voies distinctes au sortir des classes primaires	66
Figure 10 : Organisation de l'enseignement suite à la réforme Berthoin (1959)	71
Figure 11 : Carte d'affleurement et carte géologique. Extrait de : ORIEUX, M. et EVERAERE, M. 1973. Sciences naturelles, 4e. Paris, Hachette. p. 205	97
Figure 12 : De la carte d'affleurement à la carte géologique. Extrait de : CAHUZAC-LIEUZERE, S., FREYTET, P., LACASSAGNE, M., LEVEAUX-FLOCH, J. 1979. Sciences naturelles, 4e. Techniques & Vulgarisation, Paris, p.14.	100
Figure 13 : Présentation de la lecture de la carte géologique. Extrait de : LARUE, R., HATEM, J., GELE, J., MAISONHAUTE, M. 1980. Sciences naturelles, biologie et géologie, 3e. Hachette, Paris, p. 172.	104
Figure 14 : a) BERGERON, J., DUCROZ, M. et GOHAU, G. 1973. Géologie, 4e. Coll. M. Oria, Hatier, Paris, p. 86 et p. 124. b) PERILLEUX, E. et al. 1988. Biologie, Géologie, 4e. Nathan, Paris, p. 73. c) LARUE, R. et al. 1979. Sciences naturelles : géologie/biologie humaine, 4e. Hachette, Paris, p. 78.	115
Figure 15 : CAMPAN, F., PANIEL, R. et al. 1967. Biologie, Géologie, Première D. Hachette, Paris, pp. 238-239.	117
Figure 16 : Représentation d'un relief en courbes de niveau	169
Figure 17 : Construction d'un profil topographique par report de points	170
Figure 18 : Pendages des couches et V de vallée	172

Problématique et objectifs de cette recherche

La carte géologique est un document de synthèse qui résulte de la confrontation des observations et des connaissances théoriques du moment. Elle présente un caractère provisoire qui en inscrit son contenu dans l'histoire de l'avancée des connaissances. Elle est en permanence, comme le rappelle F. Ellenberger, à l'interface d'une double démarche du géologue : cartographe pour comprendre ou au contraire cartographe ce que l'on a compris.

Des premières cartes géologiques modernes du milieu du XIX^e siècle, jusqu'à aujourd'hui, l'historien peut suivre l'état des connaissances et la nature des interrogations et préoccupations de la communauté géologique. Pour le géologue, la carte est à la fois un bilan, la présentation d'hypothèses et un élément de réflexion pour l'étude de la dynamique des systèmes géologiques. Elle est une étape et non une fin. Eclipsée momentanément quand les regards se sont tournés dans les années 70 et 80 vers une cartographie du fond des océans, la carte géologique de détails, régionale ou générale présente toujours de ce fait un intérêt. Elle est condamnée à évoluer sans cesse, tant dans le contenu que dans la forme, pour répondre aux attentes de ses divers utilisateurs. C'est dans cet optique que se tenait à Paris le 4 décembre 1997 un colloque de prospective sur la carte géologique française.

La carte géologique est, et reste, une production de première importance pour la géologie.

La carte géologique fait l'objet dans l'enseignement supérieur d'un enseignement de cartographie spécifique. Les étudiants des sciences de la vie, des sciences de la Terre, de géographie l'utilisent dès le premier cycle, essentiellement dans un apprentissage de la technique de construction d'une coupe géologique. Ils n'apprennent véritablement à s'en servir, à s'y référer, que par la suite. Si en fin de premier cycle une majorité d'entre eux sait produire une coupe géologique acceptable, ils ne sont que quelques uns à savoir faire parler une carte, à savoir la commenter directement. Une réflexion sur l'enseignement cartographique universitaire est nécessaire.

Dans l'enseignement secondaire, la carte géologique a été enseignée avant d'être retirée des programmes au cours des années 80, lors de l'introduction d'un enseignement de géodynamique. De 1966 à 1981, elle était au coeur de l'enseignement de la géologie de la classe de 1^{re} D (ex section de mathématiques et sciences de la nature par où sont passés de nombreux biologistes, géologues et enseignants de sciences naturelles). Elle n'est plus officiellement ni objet, ni outil d'études dans aucune classe du secondaire.

Ce simple constat n'est pas sans soulever quelques interrogations sur la définition et la justification des contenus d'enseignement :

- Pourquoi a-t-on cessé d'enseigner des éléments de cartographie ?
- Qu'enseignait-on précisément ?
- Qu'est-ce qui justifiait cet enseignement ?
- Quelles sont les potentialités formatives de la carte ?

A ces interrogations, sont venues s'ajouter les résultats d'un travail de DEA sur la part d'interprétation dans la carte géologique. Cette recherche m'avait permis de mettre en évidence l'absence de prise en compte de la dimension interprétative de la carte. Elle est seulement perçue

comme une somme d'observations et il suffit d'observer pour savoir. Dans un enseignement de sciences de la Vie et de la Terre, où l'on a fait de l'observation la condition à la connaissance (au moins dans l'enseignement), les résultats de cette étude conduisent à s'interroger sur l'origine de ces représentations erronées ou au moins faussées. L'apprentissage scolaire de la carte, et au delà, la démarche prônée dans cet enseignement, sont-ils de nature à entraîner ce type de représentations ? Cela conduit à ajouter aux interrogations générales sur l'enseignement de la carte, une attention particulière à la prise en compte de la part interprétative des savoirs savants enseignés. Cela conduit également à s'interroger sur les potentialités de la carte géologique comme outil d'apprentissage de cette part d'interprétation.

Problématique et méthodologie

Le questionnement de cette recherche tourne autour de deux axes :

- 1) « Qu'a-t-on fait avec la carte géologique dans le secondaire ? » Quel enseignement ?
- 2) « Que peut-on faire avec la carte géologique ? » Quelles potentialités ?

Ceci détermine un travail en deux parties : un bilan sur l'enseignement de la carte géologique dans le secondaire et une discussion sur les potentialités formatives de la carte qui pourraient être prises en compte pour une définition de contenus d'apprentissages.

I. Le bilan sur l'enseignement de la carte géologique dans le secondaire

La question de la nature du **savoir enseigné** renvoie à s'interroger sur le **savoir à enseigner**, qui renvoie lui-même au **savoir savant** sur la carte et au **savoir des enseignants**. La difficulté d'un tel travail didactique repose en partie sur la *quasi*-absence de travaux sur ces différents aspects en ce qui concerne la géologie. Il est donc nécessaire de situer à chaque fois l'objet central de l'étude (l'enseignement de la carte géologique) dans un cadre plus général qui puisse servir par la suite à relier cette contribution aux travaux à venir.

Le savoir à enseigner

La caractérisation du savoir à enseigner s'appuie sur une recherche rétrospective dans les textes officiels jusqu'à l'introduction du premier enseignement traitant de la carte géologique. En l'absence d'étude de ce genre sur l'enseignement de la géologie et des sciences de la Vie et de la Terre (ex sciences naturelles, ex histoire naturelle), la détermination d'une date d'introduction, d'un niveau d'enseignement ou d'un type d'établissement scolaire restent des informations peu significatives et exploitables. Il convient donc d'adopter une démarche qui emprunte à l'histoire de l'enseignement en précisant un minimum l'organisation scolaire, la définition des disciplines, la place de la géologie et les conditions d'introduction, de modifications et de suppressions de cet enseignement. C'est la démarche adoptée dans cette recherche, elle conduit à explorer les textes au-delà de la simple notification d'un usage de la carte.

Le savoir savant

La carte géologique est un savoir scientifique qui se bâtit progressivement, elle s'inscrit donc dans une dimension historique. Discuter de l'enseignement de la carte, autant sur le contenu que sur la forme, nécessite l'identification précise de l'objet d'étude. Le savoir à enseigner se réfère à des documents savants qu'il convient donc d'identifier au préalable. En absence d'histoire générale de la carte géologique, il est nécessaire d'établir un bilan descriptif de la diversité (contenus, objectifs, usages) et de l'évolution des cartes géologiques en parallèle de l'histoire de son enseignement. Ce bilan doit rechercher les cartes susceptibles d'avoir été utilisées directement ou indirectement pour la définition des savoirs à enseigner et pour la réalisation de ces enseignements.

Le savoir enseigné

On ne peut pas décrire précisément ce qui a été enseigné (contenus, méthodes) dans le secondaire en France durant 150 ans (date d'apparition de la carte dans les programmes). Les cours

des enseignants, les cahiers de texte des classes, les cahiers d'élèves, les rapports d'inspection, les livres scolaires, les documents pédagogiques, les matériels scolaires sont autant de descripteurs possibles de l'enseignement réalisé. Les conditions de collecte d'informations obligent à limiter les investigations et les orientent. Le choix s'est porté sur les manuels scolaires. Le savoir enseigné est ainsi caractérisé à partir de l'analyse des contenus proposés à l'enseignement dans les manuels scolaires (de 1843 à 1995) et dans certains documents auxiliaires, comme les livres destinés aux professeurs et les articles et publications du Centre National de Documentation Pédagogique et de ses annexes régionales (de 1959 à 1989). L'analyse doit chercher à déterminer les contenus et méthodes de cet enseignement et préciser la nature des cartes utilisées pour cela.

Le savoir des enseignants

Le savoir des enseignants est un déterminant des savoirs enseignés. Dans la trilogie savoir savant, savoir à enseigner, savoir enseigné, il est souvent implicitement placé dans le savoir savant. Ceci s'explique assez bien quand on se place relativement à l'élève : l'enseignant est le dépositaire du savoir savant. Cette assimilation n'est pas en revanche pertinente quand on se place en situation d'évaluation d'un enseignement scolaire, comme c'est le cas dans cette recherche. Il convient donc de caractériser les savoirs de ces enseignants sur la carte géologique et, cela avec une dimension historique. Cette approche, car il ne peut s'agir que d'une approche, peut s'appuyer sur l'étude rétrospective des savoirs attendus dans les concours de recrutement (Agrégation, CAPES).

II. Discussion sur les potentialités formatives de la carte

La carte géologique est une **interprétation** complexe d'observations diverses sur la nature des roches. Elle code et présente des informations rapportées à **l'espace** et au **temps**. Au-delà de son contenu géologique strict la carte présente donc trois aspects qui dépassent largement le cadre de la discipline. Le bilan sur l'enseignement de la carte est alors à enrichir d'une réflexion appuyée sur une analyse détaillée de ces trois dimensions de la carte.

Cette analyse doit permettre de distinguer les contenus de la carte, des potentialités formatives de celle-ci, c'est à dire d'établir si la carte peut présenter une dimension d'outil d'apprentissage, au-delà de sa dimension d'objet d'apprentissage. Cette étude analytique est alors à confronter avec le bilan sur l'enseignement de la carte et les représentations erronées des élèves vis-à-vis de l'interprétation et de l'observation. Il devient alors possible de proposer des éléments de réponse aux questions suivantes :

Un enseignement de cartographie présente-t-il un intérêt dans le secondaire ? Pour quoi faire ?

La carte peut-elle être un outil d'apprentissages dépassant le cadre de la géologie ? Comment ?

Première partie

Bilan de 150 ans d'enseignement de la carte géologique

Le savoir savant de référence : étude descriptive des cartes géologiques depuis le début du XIX^e siècle

Préambules

Parler aujourd'hui de cartes géologiques c'est faire référence aux cartes géologiques détaillées au 1/50 000 et 1/80 000 ou aux cartes réduites au 1/320 000, 1/250 000, voire à la carte géologique de la France au 1/1 500 000 ou au 1/1 000 000. Ces cartes ont toutes en commun de représenter, sur un fond topographique ou géographique, les terrains qui affleurent à la surface du sol ou qui ne sont cachés que par une faible épaisseur de formations superficielles récentes.

Elles se distinguent des cartes pédologiques qui cartographient les sols, c'est à dire la mince couche formée de débris de roches et de matière organique dans laquelle se concentre l'essentiel de la vie végétale et animale du sol. La géologie s'intéresse à la roche mère qui se trouve sous le sol quand celui-ci existe.

Elles se distinguent des cartes des formations superficielles (de publication récente en France) qui cartographient les dépôts sédimentaires récents issus de l'érosion superficielle (formations de versants, alluvions, formations glaciaires ou éoliennes) et les roches produites par altérations (les altérites) du sous-sol. Ces cartes n'ont en quelque sorte pas de profondeur.

Caractériser les terrains qui constituent le sous-sol consiste à en préciser la nature, l'âge, et la disposition. Les cartes qui ne s'intéressent qu'à la nature pétrologique ou géochimique des roches sont des cartes lithologiques : elles viennent appuyer des travaux spécialisés. Les cartes tectoniques se limitent à préciser l'état des déformations (plis, failles, chevauchements...), elles apportent des renseignements uniquement structuraux. Les cartes géologiques renferment ces trois types d'information, à un moindre degré, en privilégiant les données chronologiques.

Le premier objectif des cartes géologiques est de permettre la reconstitution de l'histoire géologique d'une zone : la connaissance des âges est donc indispensable. Age et nature sont codés par une gamme de couleurs, complétée par un codage par lettres et/ou chiffres. La disposition spatiale d'un terrain est déduite de la trace laissée par l'intersection de celui-ci et de la surface du sol. Produire la troisième dimension de l'espace n'est réellement possible qu'avec les cartes détaillées, qui présentent un fond topographique. Pour les cartes à petite échelle (sur fond dit géographique) c'est l'imagination conduite qui permet éventuellement de se représenter la continuité des terrains en profondeur.

Les cartes géologiques françaises, que nous utilisons actuellement, présentent une unité, qu'un examen de détail viendrait fortement nuancer. Les cartes géologiques sont des documents qui reflètent l'état des connaissances et des préoccupations d'une époque. Ces connaissances ayant fortement évolué dans les vingt dernières années, les interprétations cartographiques ont été plusieurs fois revues et modifiées. Il convient donc, avant d'étudier la place de la carte géologique dans l'enseignement secondaire depuis deux siècles, d'en préciser le contenu et l'évolution au cours de cette même période.

La première édition de la carte géologique de la France au 1/1 000 000 remonte à 1889. Elle fut précédée par la carte géologique de la France de Dufrénoy et Elie de Beaumont, publiée en 1841. Cette carte constitue la première carte géologique moderne de la France.

La couverture géologique de la France au 1/50 000 a débuté en 1924 : au rythme actuel de production, elle devrait s'achever vers 2004. Cette carte détaillée est venue prendre le relais de la couverture au 1/80 000 décidée en 1868 (et achevée en 1968). Avant cette couverture normalisée, dès 1830, des cartes géologiques départementales étaient publiées sur l'impulsion des conseils généraux des départements.

A ces différentes cartes et couvertures, il convient d'ajouter les cartes d'Omalius d'Halloy (1816 et 1822) et celle de Cuvier et Brongniart (1810) qui marquent au début du XIX^e siècle, l'avènement de la carte « géologique ». Avant, il y eut bien quelques essais de cartes (et quelques projets) mais il s'agit plus, de cartes paléontologiques et minéralogiques, que de cartes géologiques.

Passons alors en revue ces cartes disponibles depuis le début du XIX^e siècle et susceptibles d'avoir été utilisées directement ou indirectement dans l'enseignement secondaire. Nous les regrouperons, pour la commodité de l'étude, selon leur échelle et leur désignation autant que selon la chronologie de leur publication.

1. Des projets et esquisses, à la carte géologique de France de Dufrénoy et Elie de Beaumont

1.1. Premiers projets...

Le premier projet avéré de carte « géologique » est celui d'un anglais, Martin Lister en 1684. Il souhaite¹ qu'une carte des sols ou des minéraux soit réalisée à l'échelle de toute l'Angleterre. Ce projet restera à l'état de souhait. En France, le Secrétaire perpétuel de l'Académie Royale des Sciences (Fontenelle) termine sa chronique consacrée au résumé du mémoire de Réaumur sur les faluns de Touraine en souhaitant avoir « des espèces de Cartes Géographiques dressées selon toutes les Minières de Coquillages enfouis en terre »² (traduisons par des cartes géographiques précisant la localisation de tous les gisements fossilifères, c'est à dire par des cartes « paléontologiques »). L'abbé De Sauvages souhaite³ également en 1750 « que ceux qui s'intéressent au progrès de l'histoire naturelle, travaillassent à une carte topographique des terrains dont on marqueroit les continuités, les interruptions, les différens grains, la nature & les propriétés. » D'autres auteurs en France, en Suède, en Allemagne, en Italie élaborent des projets qui ont sans doute pour certains influencé la production des premières esquisses de cartes géologiques, mais il s'agit toujours de projets et non de réalisations⁴.

1.2. Premières réalisations...

Guettard, en 1746, dans son « Mémoire et Carte minéralogique sur la nature & la situation des terrains qui traversent la France et l'Angleterre »⁵ essaie de décrire la répartition géographique de tous les constituants du sous-sol, c'est à dire aussi bien les « terrains » que les fossiles qu'ils renferment. Les deux cartes gravées qui accompagnent ce mémoire font de lui, pour François

¹ LISTER, M. 1684. An ingenious proposal for a new sort of maps of countreys, *Phil. Trans.*, vol. XIV, p. 739-746. Cité par ELLENBERGER, F. 1982. Les premières cartes géologiques en France : projets et réalisations. Travaux du COFRHIGEO, N°45.

² *Hist. Acad. Royale des Sciences*, t. 1720, p. 9. Cité par ELLENBERGER, F. Ibid.

³ DE SAUVAGES, abbé P.-A. Boissier de la Croix. 1747. Mémoire contenant des observations de Lithologie, pour servir à l'Histoire Naturelle du Languedoc, & à la théorie de la Terre. *Mém. Acad. Roy. des Sciences*, (1752), p. 723.

⁴ ELLENBERGER, F. 1983. Recherches et réflexions sur la naissance de la cartographie géologique, en Europe et plus particulièrement en France. *Histoire et Nature*, n° 22/23, pp. 3-54. (paru juillet 1985).

⁵ GUETTARD, J.E. 1746. Mémoire et carte minéralogique Sur la nature & la situation des terrains qui traversent la France et l'Angleterre. *Mém. Acad. Roy. des Sciences*, pp. 363-393.

Ellenberger, « l'efficace initiateur européen de la cartographie géologique »⁶. Elles sont cependant encore loin de nos cartes géologiques actuelles. Sur un fond planimétrique figurent des symboles « minéralogiques » localisant la présence d'antimoine, d'ardoise, de coquilles ou corps marins, des fontaines pétrifiantes ou de graviers... Ces semis de symboles (pour reprendre l'expression de F. Ellenberger) sont parfois englobés sur la carte dans des « bandes » que l'auteur nomme selon la prédominance d'un type de roche : « bandes sablonneuse, marneuse ou métallique ». Ces « bandes » correspondent approximativement aux Tertiaire, Secondaire et Primaire. Sa « carte minéralogique de la France⁷ », publiée en 1781, est construite sur le même principe. Cette absence d'évolution traduit son refus de toute interprétation des observations ponctuelles, de tout essai d'établissement de corrélations entre elles. Ses cartes géologiques ne sont que des recueils géographiques (aux localisations peu précises) de gisements. Elles ne permettaient pas de faire avancer les reconstitutions nécessaires à l'histoire géologique, elles ne permettaient pas de faire progresser les connaissances. Novatrices par le souci de cartographier aussi bien les minéraux, les fossiles, que les roches, ces cartes sont des impasses au sens évolutif. Ce qu'il manque dans leur construction, c'est un choix interprétatif.

⁶ ELLENBERGER, F. 1994. Histoire de la géologie. Paris : Tec & Doc, tome 2, p.218.

⁷ GUETTARD, J. E. 1781. Carte minéralogique de la France. Paris : Dupain-Triel.



Figure 1 : Extrait de la Carte Minéralogique de la France et de l'Angleterre de Guettard (1746), d'après ELLENBERGER, F. 1983. Recherches et réflexions sur la naissance de la cartographie géologique, en Europe et plus particulièrement en France. *Histoire et Nature*, N° 22-23, pp. 3-54.

En 1771 est publié le «Mémoire sur l'origine & la nature du Basalte...» de Nicolas

Desmarest⁸. Il s'accompagne d'une carte topographique et volcanique du massif du Mont-Dore. Cette carte marque une très nette avancée dans la représentation fine de la topographie, mais ne renferme pas d'informations sur la nature des terrains. Elle se borne à une étude géomorphologique qui permet toutefois à l'auteur d'aboutir à des conclusions géologiques sur la succession des coulées. L'abbé Palassou publie en 1781 un « Essai sur la minéralogie des Monts-Pyrénées » accompagné d'une carte « minéralogique ». Il s'agit d'une carte bien modeste, avec peu de signes minéralogiques, mais où l'auteur souligne l'alternance dans le plan des gisements de « Schiste ou Terre argileuse » et de « Pierre calcaire » par le tracé de lignes. Cet ajout de lignes traduisant une interprétation de la disposition des gisements fait dire à F. Ellenberger que l'abbé Palassou est avec cette carte l'initiateur en France des cartes structurales.

Une avancée plus significative est celle qui a consisté à rassembler les terrains en « séries » ou « formations » (Füchsel, 1761 ; Werner, 1774) et à représenter celles-ci en couleurs. Ces regroupements traduisent une hiérarchisation des observations de terrains, une organisation des connaissances, une tentative d'élaboration d'un langage descriptif commun. Les relations spatiales (superpositions) entre ces unités vont introduire dans la carte une signification chronologique qu'elle n'avait pas jusqu'alors. Cette codification naissante qui apparaît dans les cartes allemandes (Gläser, 1775 ; Charpentier, 1778) va de paire avec la conception neptuniste de « l'école géognostique⁹ allemande » : les roches sont formées successivement au cours du temps, elles proviennent des dépôts successifs de mers anciennes et leur superposition représente autant d'étapes marquantes dans l'histoire géologique.

En France, il n'y a guère que l'abbé Giraud Soulavie¹⁰ qui établisse à cette époque la relation entre la superposition des roches et la chronologie de leur dépôts. Sa carte du Vivarais en 1780 comporte un « semis de signes minéralogiques » mais innove par ses couleurs. Il fait des choix parmi les informations à cartographier, il interprète, il propose une histoire. Précurseur isolé, il est difficile de dire quelle influence il a pu avoir sur ses successeurs.

Les cartes géognostiques allemandes de la fin du XVIII^e siècle ont une préoccupation historique. Les cartes françaises dans le prolongement de l'Atlas minéralogique de Guettard et Monnet, en revanche, n'ont toujours qu'une préoccupation pratique et économique. Elles cherchent à préciser la localisation des minéraux et des matériaux exploitables. Lavoisier en revanche cherche à comprendre la juxtaposition des couches¹¹. En désaccord avec Guettard et Monnet son souci stratigraphique n'est pas pris en compte dans la construction des cartes de l'atlas.

1.3. Les cartes géognostiques de Cuvier et Brongniart et de d'Omalius d'Halloy...

En 1811, Georges Cuvier et Alexandre Brongniart¹² publient un « Essai sur la géographie minéralogique des environs de Paris avec une carte géognostique, et des coupes de terrain ». Cette carte est héritière des influences allemandes (référence est faite à Werner). La table des matières

⁸ DESMAREST, N. 1771. Mémoire sur l'origine et la nature du Basalte à grandes colonnes polygones, déterminées par l'Histoire Naturelle de cette pierre, observée en Auvergne. *Mém. Acad. Roy. des Sciences*, pp. 707-775, pl. XV. (1774).

⁹ Voir pour ce terme de géognosie la définition et la discussion de ELLENBERGER, F. 1994. Histoire de la géologie. Paris : Tec & Doc, Paris, tome 2, pp. 246-273.

¹⁰ GIRAUD SOULAVIE, J.-L. 1780. Géographie de la nature ou Distribution naturelle des trois règnes sur la surface de la Terre. Suivie de la Carte Minéralogique, Botanique...du Vivarais où cette distribution naturelle est représentée.... Cité par ELLENBERGER, F. 1982. Les premières cartes géologiques en France : projets et réalisations. Travaux du COFRHIGEO, N°45. Ellenberger considère dans cet article que la carte du Vivarais de Giraud Soulavie est un jalon capital dans l'histoire de la cartographie géologique française.

¹¹ Lire à ce propos, GOHAU, G. 1994. Lavoisier, un géologue méconnu. *LA RECHERCHE*, 264, 25, pp. 436-437.

¹² CUVIER, G. et BRONGNIART, A. 1811. Essai sur la géographie minéralogique des environs de Paris, avec une carte géognostique, et des coupes de terrain. Paris, VII + 287 p., 3 pl. color. dépl.

parle de : « l'énumération des diverses sortes de terrains ou de formations qui constituent le sol des environs de Paris » et de la « revue géographique des diverses sortes de terrains qui constituent le sol des environs de Paris, et des lieux où chacun d'eux peut être observé ». Elle s'appuie sur un fond géographique détaillé dressé à partir des cartes de Cassini, des « cartes des chasses et de celles de la Grive et de dom Coutans ».

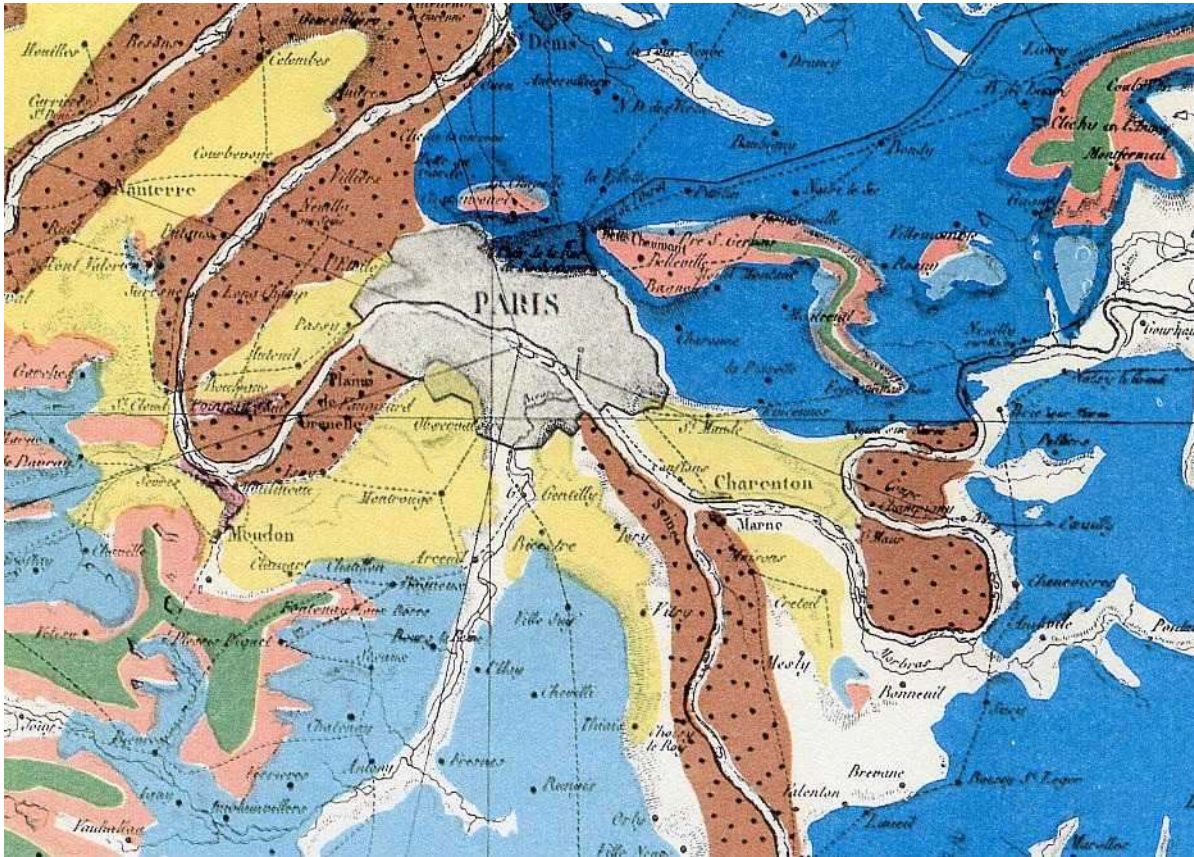


Figure 2 : Extrait de la Carte géognostique des environs de Paris de Cuvier et Brongniart (1811)

Elle présente les roches des environs de Paris, regroupées en formations, cartographiées en 7 couleurs : « terrain de transport et d'atterrissement, terrain lacustre supérieur et meulière, grès et sable supérieurs, gypse, terrain lacustre moyen et calcaire siliceux, calcaire grossier marin, craie ». Les limites des formations restent approximatives : les couleurs ajoutées au pinceau se recouvrent ou s'estompent en périphérie de la carte. Certaines zones sont restées en blanc. Les coupes qui accompagnent la carte sont des constructions intellectuelles et non des coupes naturelles, elles cherchent, comme le texte et la carte, à traduire deux idées fortes : l'alternance de terrains d'origine marine et d'eaux douces, et le renouvellement des faunes d'une formation à une autre. Les épaisseurs des terrains s'appuient sur des mesures de nivellement barométrique. Les principaux fossiles trouvés dans ces formations sont dessinés en planches. Au concept neptuniste de superposition des couches vient se substituer le concept de superposition biostratigraphique. C'est la succession de faunes qui justifie la distinction des terrains successifs.

Cette carte « géographique » géologique renferme déjà les caractéristiques des cartes géologiques modernes qui vont se multiplier au XIX^e siècle.

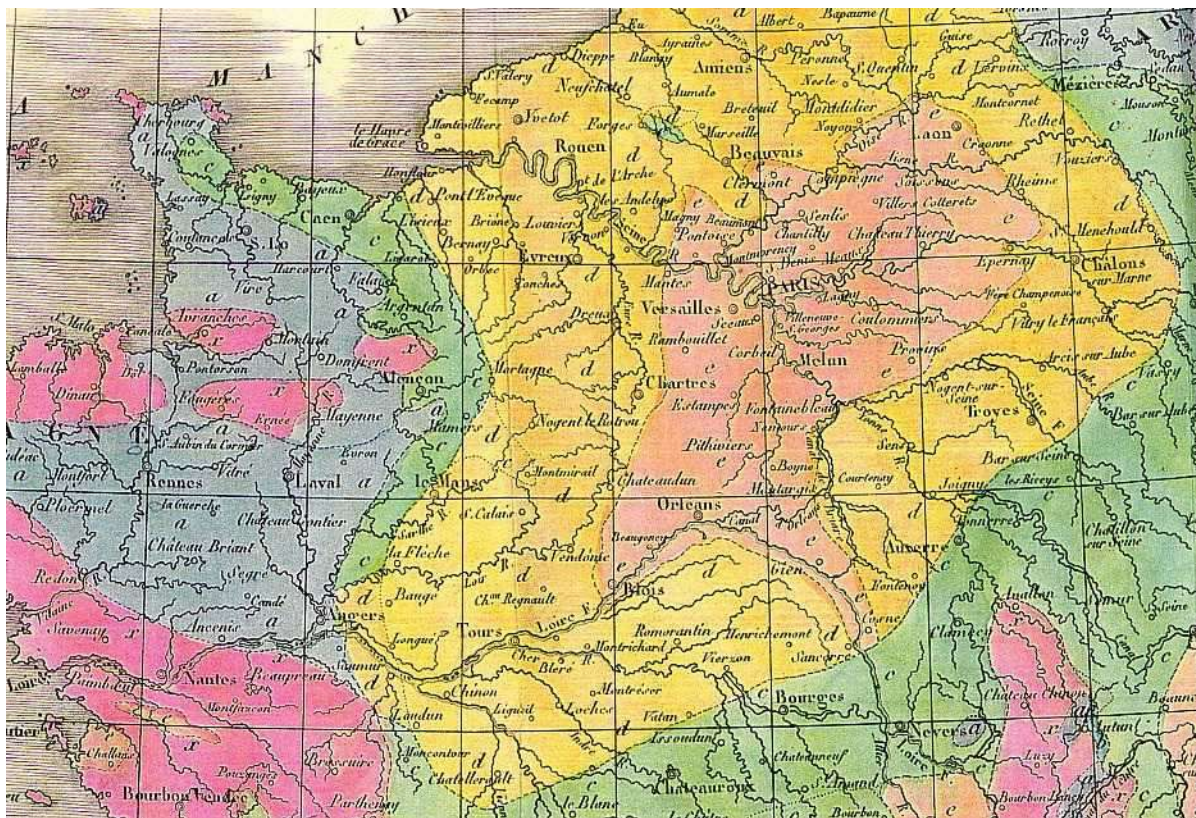


Figure 3 : Extrait de la Carte Géologique du Bassin de Paris ... d'Omalius d'Halloy (1816)

En 1816, J. J. D'Omalius d'Halloy publie¹³ une « Esquisse d'une Carte Géologique du Bassin de Paris et de quelques contrées voisines » à l'échelle du 1/1 800 000. Il y distingue 5 types de formations. On y constate l'influence de la géognosie allemande. Ses efforts de synthèse et d'abstraction se retrouvent dans la carte qu'il publie en 1822, intitulée : « Essai d'une carte géologique de la France, des Pays-Bas et de quelques pays voisins... »¹⁴. Il distingue alors 7 terrains principaux : les terrains « Primordiaux » (le socle hercynien), « Pénéens » (Permien), « Ammonéens » (Jurassique et Trias), « Crétacés », « Mastozotiques » (Tertiaire et Quaternaire) et « Pyroïdes » (volcaniques). Dans les grandes lignes et par le jeu des couleurs on reconnaît déjà les grandes unités géologiques visibles sur une carte géologique de France moderne.

Cette carte est beaucoup plus moderne que celle de Cuvier et Brongniart, elle cartographie des terrains qu'elle désigne par leur âge et non plus par leur unique nature lithologique. Elle supprime également les « blancs », elle exprime un discours plus global, elle cherche à synthétiser un peu plus.

1.4. La carte géologique de Dufrénoy et Elie de Beaumont...

¹³ D'OMALIUS D'HALLOY, J. J. 1816. Mémoire sur l'étendue géographique du terrain des Environs de Paris. *Annales des mines*, 1, pp. 211-266 (paru 1817). Cité par ELLENBERGER, F. 1982. Les premières cartes géologiques en France : projets et réalisations. Travaux du COFRIGEO, N°45.

¹⁴ D'OMALIUS D'HALLOY, J.-J. 1822. Observation sur un essai de carte géologique de la France, des Pays-Bas et des contrées voisines. In : *Annales des Mines*, VII, pp. 353-376. Cité par ELLENBERGER, F. 1982. Les premières cartes géologiques en France : projets et réalisations. Travaux du COFRIGEO, N°45. L'auteur titre « carte géologique » mais géologie est à prendre dans le sens de géognosie. En 1808, dans son « Essai sur la Géologie du Nord de la France » paru dans le *Journal des mines* (vol. XXIV, p; 123), il précise en note que par ce mot de Géologie, il désigne ce que les auteurs allemands appellent géognosie. De même, la carte qui accompagne ses « *Eléments de Géologie* » (3 édition, 1839) est intitulée : « Carte géognostique de la France et de quelques contrées voisines ».

En 1822, le ministère des Travaux publics adopte un projet proposé par l'Ecole des Mines¹⁵ : lever une carte géologique de la France à l'échelle du 1/500 000. Le projet élaboré dès 1811 par André Brochant de Villiers, professeur de minéralogie et de géologie à l'Ecole est placé sous sa direction. Sa réalisation est confiée à deux jeunes ingénieurs des Mines, Armand Petit-Dufrénoy et Léonce Elie de Beaumont. Le dessin de la carte est achevé en 1835, mais celle-ci n'est terminée qu'en 1840, et publiée¹⁶ qu'en 1841. Découpée en six feuilles, elle forme un carré de deux mètres de côté.

(Voir en annexe 1 : Légende de la carte géologique de la France de Dufrénoy et Elie de Beaumont).

Son contenu nous est presque familier. De très nombreuses villes sont indiquées, ainsi que les principaux cours d'eau et routes ; le relief est évoqué par des hachures dans les massifs montagneux, mais également de part et d'autre des rivières (elles paraissent toutes encaissées). Les terrains sont regroupés en formations représentées par un code de couleurs et une initiale. Les terrains métamorphisés (« Terrains cristallisés vulgairement appelés terrains primitifs »), les roches plutoniques et les terrains volcaniques sont également distingués. On remarque la cartographie des granites et syénites comme terrains cristallisés, avec les micaschistes et gneiss, et non avec les roches plutoniques (Diorites et Trapps, Serpentes et euphotides...)¹⁷. La carte renferme également des indications sur les gisements de minéraux, de minerais, de combustibles...et sur l'emplacement d'usines, par des lettres et sigles. La carte concilie la représentation d'unités stratigraphiques et d'unités lithologiques, et garde des semis de signes pour la géologie et l'industrie. Le souci économique reste encore présent, mais l'aspect synthétique, théorique, s'impose.

La carte géologique de la France de Dufrénoy et Elie de Beaumont est construite par extrapolation d'observations ponctuelles. C'est un choix méthodologique qui la distingue nettement de la carte de Guettard par exemple qui se voulait une somme d'observations, ou de celle encore de Cuvier et Brongniart qui distinguait par un tracé les endroits où des observations avaient été effectuées, des endroits déduits par corrélation. L'établissement de corrélations, la recherche d'une vue synthétique, dirige la construction de la carte. Il faut savoir se détacher des détails pour construire un tout compréhensible. C'est une carte géologique moderne. Le regroupement des terrains dans un souci chronologique est l'objet principal des recherches, même si cette carte conserve un objectif économique. L'histoire géologique prend la primauté sur la géographie économique. Le projet date de 1822 comme la carte d'Omalius d'Halloy.

1.5. L'explosion de la publication de cartes géologiques...

Dès 1830, et sous l'impulsion des Conseils généraux, des cartes géologiques départementales commencent à être publiées. Les mémoires de géologie régionale et locale qui se multiplient alors sont souvent accompagnés de cartes géologiques. François Ellenberger n'hésite pas à parler¹⁸ pour cette époque « d'explosion cartographique ». Ami Boué, qui dans cet élan de la géologie naissante, cherche à en faire partager les découvertes à un public cultivé, publie en 1836 un

¹⁵ GOHAU, G. 1990. Une histoire de la géologie. Paris : Seuil, 277 p.

¹⁶ DUFRENOY, A. P. et ELIE DE BEAUMONT, L. 1841. Carte géologique de la France, sous la dir. de A. Brochant de Villiers, Ministère des Travaux publics, Paris. Cette carte est accompagnée d'un mémoire en 2 volumes : DUFRENOY, A.P. et ELIE DE BEAUMONT, L. 1841 et 1848. Explication de la carte géologique de la France, sous la direction de M. Brochant de Villiers. Paris : Imprimerie Royale, 2 tomes. Le tome I renferme une carte en couleurs au 1/2 000 000, qui reprend en la simplifiant la carte au 1/500 000. Cette carte sera souvent reprise par les auteurs de manuels.

¹⁷ Lire à propos de l'origine supposée des granites et de leurs rapports avec les roches métamorphiques, le chapitre de G. GOHAU sur « L'évolution des idées sur le métamorphisme et l'origine des granites », BONIN, B., DUBOIS, R. et GOHAU, G. 1997. Le métamorphisme et la formation des granites. Paris : Nathan.

¹⁸ ELLENBERGER, F. 1982. Les premières cartes géologiques en France : projets et réalisations. Travaux du COFRIGEO, N°45

« Guide du géologue-voyageur ». Ce guide¹⁹ recense déjà un très grand nombre de cartes géologiques.

C'est à cette époque que la carte géologique fait son apparition dans les textes et programmes officiels de l'enseignement secondaire. Précisons alors les contenus de ces cartes, susceptibles d'avoir été utilisées dans cet enseignement, en distinguant tout d'abord les cartes géologiques départementales, la couverture au 1/80 000 (et au 1/320 000), les cinq premières éditions de la carte de la France au 1/1 000 000, la couverture au 1/50 000 (et au 1/250 000), la carte de la France au 1/1 500 000 et enfin la 6^e édition de la carte de la France au 1/1 000 000 .

2. Les cartes géologiques départementales

2.1. Le projet de carte départementale

En 1835, une circulaire²⁰ à MM. les Préfets, de M. Legrand, Conseiller d'Etat et Directeur Général des Ponts-et-Chaussées et des Mines, engage les conseils généraux des départements à dresser et à publier des cartes géologiques départementales, avec l'aide des ingénieurs des mines et des géologues amateurs locaux. L'extrait qui suit d'une partie de cette circulaire nous permet à la fois d'exposer les objectifs de la carte de la France au 1/500 000, d'en préciser la technique de lever, et d'établir la continuité de projet entre celle-ci et les cartes géologiques départementales.

M. le Préfet, vous avez vu par le compte rendu des travaux des ingénieurs des Mines pendant l'année 1834, le degré d'avancement auquel est parvenu la carte géologique de la France [le dessin est achevé en 1835]. Ce grand ouvrage, qui doit être tout à la fois pour la science un monument précieux et pour l'industrie une source féconde de renseignements utiles, arrive à son terme.

Dans les explorations qu'ont dû faire les ingénieurs particulièrement chargés de ce travail, il était impossible de visiter en détails tous les cantons, toutes les communes, dont se compose le territoire du royaume. Après avoir observé tel ou tel terrain sur une vaste étendue, on a déterminé avec soin certains points de ces limites, qu'on a joints ensuite sur la carte par des lignes droites ou des contours suivant le relief du sol ; on n'a pu s'occuper de reconnaître les sous-divisions de chaque terrain : cette opération eût été trop longue, et il n'aurait pas été possible d'en retracer les résultats sur la carte générale d'une manière distincte. Ces recherches de détails auraient d'ailleurs détournées l'attention de l'objet principal, qui était de juger les masses avec exactitudes, et surtout de bien caractériser les terrains, c'est à dire de discuter et d'établir avec soin leur étage géologique. En un mot, il s'agissait de faire en sorte une grande triangulation [ce dernier mot est en italique dans le texte] avec toute la précision rigoureuse qui peut résulter d'une étude approfondie de la science, et d'arrêter exactement les grands traits de la constitution géologique du royaume. C'est dans ce but que le travail a été entrepris et dirigé.

Mais il serait d'une haute importance d'y rattacher dans chaque localité des relèvements de détails [ce dernier mot est en italique dans le texte], et d'obtenir pour chaque département des cartes géologiques topographiques [ces derniers mots sont en italique dans le texte], qui fassent connaître les limites des subdivisions des divers terrains, tous leurs contours, leurs accidents locaux, et les variations principales que représentent sur ces divers points les roches qui les composent, et surtout la position et l'étendue de tous les gîtes de substances minérales utilement exploitables.

Ces recherches, ou études géologiques particulières, auraient évidemment un immense intérêt ; elles fourniraient une foule d'indications précieuses, non seulement pour le développement

de la richesse minérale, mais encore pour l'amélioration, dans un grand nombre de localités, de certains produits agricoles. L'expérience fait chaque jour connaître l'heureuse influence que le mélange du sol d'une contrée avec les substances terreuses qui existent souvent à quelques pieds au dessous, exerce sur les céréales et d'autres produits du règne végétal. Si le hasard a eu quelque fois sa part dans la découverte des gîtes de substances exploitables, il n'en est pas moins certain que la recherche de minerais métalliques, de combustibles, de pierres de construction, d'argiles réfractaires, de chaux hydrauliques, etc., ne peut en général avoir de succès que par une connaissance géologique détaillée des contrées que la nature a pourvues de ces diverses substances. Déjà, dans plusieurs départements, les Conseils Généraux, convaincus de tous les avantages qui peuvent se rattacher aux dispositions que je viens de signaler, en ont fait l'objet de leur préoccupation et de leurs soins...

Il serait à désirer M. le Préfet, que cet utile exemple fût généralement suivi, et qu'en associant leurs efforts à ceux de l'administration publique, tous les départements concourussent à l'achèvement d'une oeuvre qui doit si puissamment contribuer au développement de la richesse du pays.

Si l'intérêt scientifique des cartes détaillées est indiqué, c'est avant tout un objectif économique qui les guide. Nous sommes au début du XIX^e siècle. L'accroissement des richesses, l'amélioration des cultures ne peut s'appuyer que sur la connaissance. Le développement industriel passe par une organisation, une rationalisation de l'implantation des carrières, des mines ou des briqueteries.

L'association d'objectifs scientifiques à des objectifs économiques distingue ce projet de celui de l'Atlas minéralogique de Guettard. C'est par la connaissance géologique théorique, appuyée sur une connaissance géologique détaillée du terrain, que pourront progresser les découvertes de gîtes de substances exploitables. Ce double objectif, donné à ces cartes, va perdurer avec les tiraillements et oppositions qu'il ne pouvait manquer d'entraîner.

Cette circulaire de M. Legrand vise à généraliser des initiatives jusqu'alors individuelles²¹ et à faire prendre en charge par les Conseils généraux la réalisation et la publication de ces cartes. Elle lance la première couverture géologique détaillée de la France. Ami Boué²² en 1836 en recense 19, il y en a plus de 75 en 1868 lorsque fut lancée la couverture au 1/80 000.

(Voir en annexe 1 : Liste des cartes géologiques départementales).

2.2. Une diversité de contenus

La plupart de ces cartes sont l'oeuvre d'un seul auteur, où sont présentées comme l'étant. Lorsque l'auteur indiqué est ingénieur en chef des Mines, il est fort probable qu'il est coordinateur et non unique auteur. Les auteurs sont essentiellement des ingénieurs des Mines ou des Ponts et Chaussées ; certains sont professeurs d'université et Touzé de Longuemar était capitaine d'Etat-major. Quelques auteurs ont publié plusieurs cartes, correspondant généralement à une unité géologique plus grande. C'est le cas par exemple de Eugène de Fourcy, ingénieur du Corps Royal des Mines, à qui l'on doit les cartes du Finistère, des Côtes-du-Nord et du Morbihan. Etudions le contenu de l'une de celles-ci.

(Voir en annexe 1 : Légende de la carte géologique du département des Côtes-du-Nord par Eugène de Fourcy).

²¹ Quelques cartes géologiques (ou géognostiques) départementales étaient déjà publiées à cette date : la carte des Hautes-Alpes par Emile Gueymard (1830) ; la carte de la Seine inférieure par Antoine Passy (1832) ; la carte de la Haute-Saône par Thirria (1833) ; la carte géologique du bocage vendéen par Fournel (1834) ; la carte de la Drôme par Scipion Gras (1834).

²² BOUE. A. 1836. Guide du géologue-voyageur. Bruxelles, 2 tomes.

En 1836, le conseil général du département des Côtes-du-Nord vote la réalisation d'une carte géologique départementale. Le projet est confié à Eugène de Fourcy qui s'est déjà vu confier l'année précédente la réalisation de la carte du Finistère.

La carte géologique du département des Côtes-du-Nord fut tirée à 250 exemplaires en 1843. Son échelle au 1/86 400 est héritée de la carte de Cassini (échelle de 1 ligne pour 100 toises). La carte est établie sur un fond topographique réduit à l'indication des vallées et rivières par des hachures. Chaque commune, symbolisée par un clocher, est figurée, mais aucune route ou chemin ne vient les relier entre elles. Les terrains regroupés en 10 formations sont dessinés en couleurs et numérotés de 1 à 10. Les limites « indécises » des formations sont représentées par un figuré en pointillé. Les regroupements sont à rapprocher de ceux de la carte de Dufrénoy et Elie de Beaumont à laquelle renvoie d'ailleurs la notice détaillée qui accompagne la carte. Des semis de signes localisent les carrières, forges, hauts fourneaux, fours et filons, mais également les localités fossilifères. On notera enfin des signes semblables à nos actuels signes de pendage, mais légendés : indication de la direction d'une couche ou d'un filon. Le terme de direction est ici à prendre dans le sens de pendage.

L'étude de plusieurs de ces cartes met en évidence l'absence de convention générale, aussi bien dans les choix de l'échelle, des regroupements des terrains, que dans les teintes ou les figurés retenus.

Certaines peuvent être considérées comme des cartes détaillées (échelle supérieure ou égale au 1/80 000 : carte géologique du département de la Seine par Delesse, en 4 feuilles au 1/25 000 ; carte géologique de la Seine-et-Oise par Sénarmont en 6 feuilles au 1/80 000), d'autres comme des cartes régionales (carte géologique de la Manche par Arcisse de Caumont au 1/182 000 environ).

Certaines cartes se contentent d'indiquer les villages, d'autres portent également les limites de cantons et d'arrondissements, les grandes routes et les rivières. C'est le cas par exemple de la carte de la Manche de Arcisse de Caumont dont le fond est établi d'après Cassini par M. Pin, géomètre du Cadastre. La carte de l'Aisne, par le Vicomte d'Archiac (1842) porte même les lignes du chemin de fer et les bois.

L'aspect industriel n'est jamais négligé allant jusqu'à distinguer, parfois, les manufactures, fours à chaux, forges, briqueteries, tuileries, fabriques de carreaux, poteries, carrières et autres exploitations. Les gisements de minerais et les filons minéralisés font également l'objet d'une cartographie minutieuse. La carte géologique départementale est un recensement économique. Elle rassemble et présente sous forme d'une carte « géographique » les ressources minières et industrielles. Le mémoire qui accompagne la carte renferme parfois une liste alphabétique des communes précisant les ressources de chacune.

L'absence de normes, surtout dans le choix des regroupements de terrains, rend particulièrement difficile la mise en relation de deux cartes de départements limitrophes. La carte géologique départementale est une production qui n'est pas coordonnée au niveau national. Les ingénieurs des Mines recevaient un fragment de la carte géologique de France représentant le département qu'ils avaient mission d'explorer géologiquement, mais chacun jouissait par la suite d'une grande autonomie. Eugène de Fourcy écrivait ainsi²³ : « Le fragment de carte géologique qui me fut remis n'était qu'un canevas à remplir ; il fallait y rectifier les erreurs de limites (...) et y introduire les subdivisions de terrains, les pentes et directions de couches, les accidents de structure, les gisements de substances utiles, en un mot , toutes les indications de détail qui n'avaient pu figurer sur la carte de France, soit à cause des lacunes qu'offraient les tournées employées aux
— 30 aout 1835, M le Directeur Général des Ponts et Chaussées et des Mines, me remit avant mon départ, un fragment de la carte géologique de France, représentant le département que j'avais mission d'explorer. Plus tard M. Dufrénoy fit paraître dans les *Annales des Mines* (3^{ème} série, 1838, t. XIV, p. 213), un mémoire sur l'âge et la composition des terrains de transition de l'ouest de la France. Ce mémoire m'a été d'un grand secours, et j'y ai fait de nombreux emprunts. »

explorations, soit par suite des faibles dimensions de l'échelle qui a été adoptée pour cette carte. » Les subdivisions des terrains étaient laissées à leur appréciation.

Cette autonomie cartographique des départements (comme des régions) s'opposait à l'harmonie nationale. La couverture départementale, par l'absence de règles communes, ne permettait pas l'établissement d'une carte géologique de la France. Alors que les couvertures au 1/80 000 et au 1/50 000 ont servi successivement à établir les différentes éditions de la carte au 1/1 000 000, celle-ci n'a pas de prolongement à petite échelle.

Les cartes départementales, enfin, ne présentent pas d'indications de relief. Des hachures viennent parfois souligner le tracé des cours d'eau, mais ne rendent pas compte de variations de la topographie. La topographie fine de Nicolas Desmarest n'a pas de successeur dans les cartes départementales. En revanche, plusieurs renferment des indications sur le « pendage » des couches, légendé « direction » ou « plongement des couches » (Archiac, 1842). Ces cartes sans reliefs et souvent sans pendages ne permettent pas de raisonner sur la disposition verticale des terrains. Elles ne traduisent pas non plus les hypothèses de leurs auteurs. On voit par là leur faible intérêt pour la réflexion et la confrontation des idées, interprétations et théories. Elles restent en retrait des débats géologiques.

La publication de la carte de détail au 1/80 000 va marquer le déclin des cartes départementales.

3. La couverture au 1/80 000

3.1. La nécessité d'une couverture nationale

Dufrénoy et Elie de Beaumont présentent, lors de l'exposition universelle de 1855, un premier essai de cartes géologiques détaillées au 1/80 000, établies à partir des cartes départementales et de divers travaux. Cet essai ne comportait que 20 feuilles. Pour l'exposition universelle de 1867, un service provisoire de la carte a été organisé suivant un projet de Elie de Beaumont : 62 cartes sont présentées à l'état de minute, elles couvrent le quart nord-est de la France. Le 1 octobre 1868 un décret impérial crée le Service de la carte géologique et le charge de publier une carte géologique détaillée de la France à l'échelle du 1/80 000. Le service est dirigé par Elie de Beaumont.

La carte géologique détaillée de la France a pour but de figurer uniformément, pour l'ensemble du pays, la distribution des formations géologiques et des matières utiles, avec le détail que comporte la grande échelle de la carte topographique de l'état-major sur laquelle elle est établie.²⁴

Ce qui manquait fondamentalement aux cartes géologiques départementales c'était une unité. La couverture au 1/80 000 va chercher à atteindre celle-ci autant dans le support topographique que dans le contenu géologique.

Pour établir un système géologique uniforme susceptible d'être appliqué aux différentes feuilles, on a dû exécuter d'abord en commun les relevés et tracés ; les premières feuilles sont, en conséquence, présentées à titre de travail collectif. Toutefois on a tenu à marquer dès le début l'adoption du principe de responsabilité personnelle nettement posé dans la carte de l'état-major et qu'il importe de faire également prévaloir dans la publication géologique. Les notions explicatives ont donc été rédigées et signées par les ingénieurs qui ont été finalement chargés de vérifier les tracés des feuilles correspondantes.

²⁴ Avertissement, à la présentation en 6 volumes, de « la Carte géologique détaillée de la France exécutée sur la carte topographique de l'Etat-Major », par le Service géologique des mines, publiée par le ministère des Travaux publics. Paris : Imprimerie nationale. 1873.

Chaque carte géologique est l'interprétation, l'organisation, la synthèse, d'observations nombreuses et méthodiques. Elle est un reflet du sous-sol, mais également des connaissances et hypothèses de son auteur. C'est une production intellectuelle personnalisée qu'on ne peut pas par conséquent fondre dans l'anonymat d'une entreprise collective. La mise en avant de ce principe de responsabilité personnelle, cherche peut-être également à rassurer les auteurs, parfois des personnalités, sur la reconnaissance de leur droit intellectuel sur la feuille qu'ils lèvent.

La France est ainsi découpée en 267 feuilles, par lignes horizontales d'ouest en est et du nord au sud. Les premières sont publiées en 1874 (Rouen, Beauvais, Soissons, Evreux, Paris, Meaux...) : la couverture ne s'achève qu'en 1968. Certaines cartes ont été rééditées plusieurs fois, avec ou sans modifications (Meaux, 1874, 1894, 1898, 1940, 1964 ; Clermont, 1888, 1910, 1939, 1962), d'autres sont restées uniques (Bastia, 1909 ; Lorient, 1885). (Voir en annexe 1 la liste des différentes éditions des feuilles de cette carte).

3.2. Un contenu codifié

La carte dite d'état-major qui sert de fond à cette carte géologique, fut réalisée de 1818 à 1878, selon la projection de Bonne, avec un relief représenté par des hachures. Pour la première fois, la carte géologique rassemblait véritablement géologie et relief. Ce support topographique va permettre la réalisation de coupes géologiques : il devient possible au géologue, à la lecture de la carte, de produire une information sur la disposition des couches en profondeur. Il est cependant difficile d'établir des profils précis à l'aide des hachures. Ce mode de représentation, s'il facilite la perception immédiate du relief, n'est pas bien adapté à la réalisation de coupes géologiques. La couverture géologique au 1/50 000 abandonne les hachures au profit d'une cartographie du relief par courbes de niveau.

Le contenu de la carte au 1/80 000 est précisé et codifié dès l'origine, mais ces règles n'ont pas toujours été observées. Chaque feuille devait comprendre, outre la carte proprement dite avec sa légende géologique générale et sa légende technique, une notice explicative et éventuellement des annexes (planches de coupes longitudinales, sections verticales, perspectives photographiques). Il était prévu des *Cahiers d'explications* qui devaient renfermer, la notice explicative et le texte des planches annexes, ainsi qu'un répertoire par canton et par commune, comportant tous les détails scientifiques et techniques qui dépassaient le cadre de la notice. Il semble qu'aucun cahier n'ait été édité. Quant aux annexes, publiées avec les premières cartes (Neufchâtel, Rouen, Evreux, Beauvais, Paris, Meaux, Gray, Foix), « elles n'ont pas été bien accueillies dans le monde des géologues ».²⁵

Passons en revue ce contenu.

La légende géologique figure en marges. Des teintes et notations ont été choisies pour assurer une homogénéité à la couverture. Un véritable souci d'esthétisme se fait sentir, mais c'est avant tout la facilité de lecture qui est recherchée. Les terrains d'un même étage sont représentés par des couleurs voisines (introduction des dégradés de couleur), les formations repères peu épaisses sont figurées par des teintes tranchées, les terrains métamorphiques sont marqués par des hachures en surcharge, les roches éruptives sont en teintes vives²⁶...Les teintes sont complétées par des

²⁵ BONTE, A. 1945. Introduction à la lecture des cartes géologiques. préf. de E. Raguin. Paris : Masson. p. 74.

²⁶ Notons à ce sujet une critique pratique faite par LAUNAY, L. de. 1926. Géologie pratique et petit dictionnaire technique des termes géologiques les plus usuels. 6 éd. Paris : Armand Colin, p. 88. L'auteur, qui reconnaît l'utilité de teintes de nuances voisines pour les cartes générales est d'un autre avis pour la carte au 1/80 000. Il écrit : « pour les cartes de détail et d'un usage local, le but à remplir est fort différent : les terrains très dissemblables se distinguent si aisément les uns des autres dans la nature qu'on pourrait presque les teinter de même sans inconvénient ; ce qu'il importe d'éviter, ce sont les confusions entre terrains analogues et d'âge voisin ; celui qui se sert de la carte sur le terrain attache fort peu d'importance à ce que l'effet général de la publication présente une certaine harmonie de couleurs, à l'occasion de laquelle se révèle parfois, chez les géologues de cabinet, un effort inattendu vers le goût artistique : ce qu'il désire, c'est de ne pas hésiter entre des nuances de jaune, de bleu ou de vert, qui une fois passées

notations conventionnelles. Pour les formations superficielles, en revanche,...c'est déjà l'anarchie.

La notation conventionnelle des roches éruptives, qui s'appuie sur des lettres grecques affectées d'indices et d'exposants, n'est guère homogène non plus. D'une carte à une autre, d'un auteur à un autre, la même lettre peut indiquer des roches différentes. La combinaison des lettres grecques avec indices et exposants, même pour le lecteur lisant couramment ces lettres, atteint un niveau de complexité (surtout pour les roches métamorphiques) qui en rend la lecture bien difficile. Au fur et à mesure de l'avancée des connaissances pétrographiques, de nouvelles combinaisons sont apparues et des majuscules romaines ont été ajoutées.

A l'origine, il était prévu d'indiquer les formations cachées sous une couche superficielle figurée²⁷. Il ne semble pas que ces règles aient été utilisées dans les cartes.

Des informations tectoniques paraissent dorénavant sur la carte. Ainsi sont indiqués par des signes conventionnels, les axes de plis anticlinaux et synclinaux, mais également « les flexures et renversements ». Le pendage des terrains (sens et valeur) est précisé à l'aide d'une flèche perpendiculaire à un trait (notation toujours en vigueur) : le trait indique la direction, la flèche, le sens. Enfin, les failles sont représentées par des traits (certains auteurs distinguent par des barbules, des *failles d'effondrement* et des *failles de recouvrement*). Cette cartographie d'éléments tectonique est une grande nouveauté, la carte de détail est beaucoup plus riche d'informations que les cartes qui l'ont précédée.

Au bas de chaque feuille est placée une légende technique. Elle indique au moyen de signes (persistance des notations par semis de signes) les principaux gisements de substances utiles, les carrières, les galeries de mines, les tuileries, fours à chaux... La classification des substances minérales prévoyait à l'origine de les regrouper selon six domaines d'utilisation : Agriculture et Hygiène, Chauffage et Eclairage, Arts céramiques et chimiques, Métallurgie, Arts de construction, Arts mécaniques et décoratifs. En additionnant les signes d'extraction et ceux des substances minérales on arrive à près de 114 signes différents. On imagine aisément la difficulté qui aurait résulté d'un tel codage, difficile non seulement à connaître, mais également à reconnaître sur la carte. Il ne semble pas que tous ces signes aient été utilisés.

au soleil, risquent de se confondre toutes les unes dans les autres. » L. de Launay est directeur du Service de la Carte géologique lors de la publication de la 3^e édition de la carte géologique de la France au 1/1 000 000. La carte de détails doit d'abord, selon lui, être un objet pratique pour le terrain.

²⁷ Signalé par : BONTE, A. 1945. *Ibid.*



Figure 4 : Extrait de la carte géologique au 1/80 000, Laval, N°76, 2° éd. 1960.

Cet excessif codage traduit la préoccupation que la carte soit un répertoire géographique de toutes les ressources intéressant aussi bien le monde de l'industrie, que celui de l'agriculture et de l'administration. On est loin ici de la théorie et de la recherche des lois géologiques. Parallèlement pourtant, les informations tectoniques, pétrographiques et stratigraphiques sont aussi beaucoup plus nombreuses. La carte de détail porte la marque des théories du moment. La conciliation de tant d'informations reste encore aujourd'hui cette introuvable quadrature du cercle.

La notice explicative décrit sommairement (en 6 feuillets souvent entoilés de part et d'autre de la carte) chacun des terrains représentés. Pour les étages, sont précisés les successions stratigraphiques, les faciès, les faunes et les flores caractéristiques. Suivent des descriptions pétrographiques et l'indication des substances minérales utiles. Des éléments de paléogéographie, de tectonique, d'hydrologie ou des indications sur les cultures peuvent également être fournis. Ces cartes sont souvent accompagnées de mémoires descriptifs, qui paraissent dans le Bulletin ou les Mémoires du Service de la Carte Géologique²⁸. Ces publications sont généralement illustrées de

²⁸ En 1841, débutaient les *Mémoires pour servir à l'Explication de la Carte géologique détaillée de la France*, avec le texte explicatif annexé à la Carte géologique de la France au 1/500 000 de Dufrénoy et Elie de Beaumont. Le *Bulletin des Services de la Carte géologique et des Topographies souterraines* paraît dès 1889, sous forme de fascicules, numérotés dans l'ordre de publication et ayant trait chacun à un problème particulier ou à des questions d'ordre général. Les fascicules sont groupés en tomes qui correspondent le plus souvent à une année. A partir de

cartes et de coupes, en noir ou en couleurs, de dessins de fossiles, de lames minces et même parfois de photographies de panoramas et carrières.

3.3. La carte géologique réduite au 1/320 000

L'avertissement relatif à la carte géologique détaillée au 1/80 000 prévoyait en 1874 de dresser une carte géologique réduite au 1/320 000 et une Carte d'ensemble au 1/1 000 000. La première feuille est éditée en 1892, il s'agit de celle de Paris. Sur les 21 prévues, il n'y en a que 9 d'éditions en 1937, lors de la première réédition de celle de Paris.

(Voir en annexe 1 : Liste des cartes géologiques au 1/320 000).

La couverture au 1/320 000 a été établie essentiellement à partir des feuilles au 1/80 000 (par report des tracés et harmonisation). Le changement d'échelle nécessitait bien sûr des simplifications. Elles consistent essentiellement en un regroupement d'étages et une disparition des formations superficielles. Le tracé, épuré, sans relief, facilite la lecture des structures régionales. Cette couverture est destinée à des travaux à l'échelle régionale, à l'échelle des grandes unités géologiques.

Les teintes choisies pour représenter les différents systèmes, sont communes à toute la France. Leur légende est en revanche totalement différente de la carte au 1/80 000 et des premières éditions de la carte au 1/1 000 000. Pour passer d'une échelle à une autre, il faut jongler avec trois légendes différentes.

4. La carte au 1/1 000 000 : les 5 premières éditions

La carte géologique générale de la France de Dufrenoy et Elie de Beaumont, malgré une révision en 1870, n'était plus en phase avec l'état de la géologie française de la fin du XIX^e siècle. Le lever de la carte de détail a considérablement amélioré les connaissances, et une nouvelle carte générale était nécessaire Elle était prévue dans *l'Avertissement à la carte géologique au 1/80 000* de 1874. Elle paraît en 1889.

De 1885 à 1889, L. Carez et G. Vasseur publient une "Carte géologique de la France au 1/500 000 sur la carte chorographique du Dépôt des Fortifications". Elle se présente en 48 feuilles dont trois sont consacrées à la légende. Les tracés sont très détaillés et l'esthétisme de la carte est remarquable. Les terrains stratigraphiques sont codés par 46 couleurs (les couleurs d'un même système sont des dégradés d'une même teinte) et les roches éruptives par 6 couleurs. Le risque de confusion est réduit par l'ajout d'un codage des terrains par lettres et chiffres. Curieusement cette carte semble avoir eu une publication très restreinte à en juger par la difficulté à en retrouver une aujourd'hui en bibliothèque. On retrouvera ces auteurs dans la deuxième édition de la carte au 1/1 000 000 en 1905.

(Voir Annexe 1 : Légende la carte géologique de la France de L. Carez et G. Vasseur)

4.1. L'édition de 1889

La 1^{re} édition²⁹ de la carte au 1/1 000 000 remonte à 1889. Elle est exécutée par le Service de la carte alors sous la direction de Jacquot, successeur à ce poste de Elie de Beaumont. Elle emprunte bien sûr à celle de 1841, mais s'appuie surtout sur les premières feuilles de la carte au 1/80 000 (près d'une centaine étaient parues à cette date), sur des travaux locaux et sur les cartes départementales. Prévue dès la création du Service en 1868, sa réalisation ne commença qu'en 1883, hâtée par la participation de la France à l'établissement de la Carte géologique internationale de l'Europe³⁰ au 1/1 500 000, décidée au Congrès de Bologne en 1881. La partie française de cette carte ne devait paraître qu'en 1894 et 1895, mais la carte étant prête dès 1888, il fut décidé de la publier à l'échelle du 1/1 000 000.

(Voir en annexe 1 : Légende de la carte géologique de la France au 1/1 000 000, édition de 1889).

Les terrains sont en couleurs et numérotés de 1 à 39. La correspondance avec la légende du 1/80 000 est précisée sur la carte. Sont distingués des terrains sédimentaires et cristallophylliens, et des roches éruptives, acides, intermédiaires et basiques. La distinction en trois types de roches se confirme. Le terme de « Terrains cristallisés » de la carte de Dufrénoy et Elie de Beaumont regroupait des micaschistes, gneiss, granites et syénites. Ici, « Terrains cristallophylliens » prend le sens de roches métamorphiques. La légende y regroupe les schistes, micaschistes, gneiss, leptynites, amphibolites, pyroxénites et serpentines³¹. Les granites et syénites sont reconnus comme issus de la cristallisation d'un magma et sont désormais légendées comme roches éruptives. Curieusement on trouve le terme de serpentines aussi bien dans les terrains cristallophylliens, que dans les roches éruptives basiques.

On notera que trois générations de basaltes, labradorites, trachytes et andésites sont distinguées. Cette carte introduit des éléments de chronologie dans des unités lithologiques, c'est une nouveauté importante par rapport à la carte de 1841. Elle confirme la priorité donné à la chronologie.

Cette carte ne figure pas d'informations tectoniques, alors qu'elles existent sur les feuilles au 1/80 000. C'est typiquement une carte pour un discours chronologique et géographique sur la géologie de la France.

La Corse est placée en encart en Méditerranée, contre la côte niçoise : elle ne prendra sa place véritable qu'en 1980 avec l'édition au 1/1 500 000.

4.2. L'édition de 1905

La 2^e édition³² est publiée en 1905, sous la direction d'Auguste Michel-Lévy (Pierre Termier était son adjoint). Elle présente bien des modifications par rapport à la première.

²⁹ La 1^{re} édition de la carte géologique de la France au 1/1 000 000, est l'oeuvre de Barrois, Bergeron, M. Bertrand, Depéret, Fabre, Fontannes, Fouqué, Gosselet, Jacquot, Lecornu, Lory, Michel-Lévy, Potier et Vélain, sous la direction de Jacquot. Michel-Lévy était son adjoint. Ont été également consultées les minutes de Boisselier, Bureau, Collot, Delafond, Genreau, de Grossouvre, Hollande, Kilian, de Launay, Le Verrier, Linder, Mouret, Nentien, Oehlert et Zürcher.

³⁰ Carte géologique internationale de l'Europe au 1/1 500 000. 1894 et 1895. La France y est représentée par 4 feuilles (23, 24, 30 et 31).

³¹ Antoine Bonte (1945) dans un tableau de correspondance des notations utilisées pour les cartes au 1/80 000, 1/320 000 et 1/1 000 000, fait de ces terrains cristallophylliens des terrains Archéens. Il renomme également Précambrien les terrains légendés Cambrien. BONTE, A. 1945. Introduction à la lecture des cartes géologiques, préf. de E. Raguin. Paris : Masson.

³² La 2^e édition de la carte géologique de la France au 1/1 000 000 est l'oeuvre de Barrois, Bergeron, L. Bertrand, M. Bertrand, Bigot, Boule, Bresson, Bureau, Carez, Delafond, Depéret, Dollfus, Douxami, Fournier, Franchi, Gosselet, de Grossouvre, Ph. Glangeaud, Haug, Kilian, Lacroix, de Launay, Lecornu, Le Verrier, Lugeon, de Margerie, Michel-Lévy, Munier-Chalmas, Oehlert, Roussel, Seunes, Termier, Vasseur, Vélain, Welsch et Zürcher, sous la direction de Michel-Lévy et de Pierre Termier.

Les terrains sont toujours représentés par des teintes et numérotés, mais l'ordre des terrains sédimentaires est inverse de celui de la 1^{re} édition : L'Archéen et le Précambrien, qui font leur apparition, sont respectivement notés 1 et 2. Les teintes sont modifiées, pour se rapprocher de celle de la Carte géologique internationale de l'Europe. Les roches éruptives sont désignées par des lettres grecques, comme pour la carte détaillée et l'échelle régionale, mais les significations sont différentes. L'âge de ces roches est précisé par un indice : six groupes d'âge sont distingués. Le codage des roches métamorphiques est également changé.

Des contours géologiques sont corrigés et les principaux accidents tectoniques sont figurés. Cette nouvelle édition s'appuie beaucoup plus, malgré les différences de codage, sur la carte au 1/80 000 (212 feuilles sont alors publiées). L'ajout en surimpression du tableau d'assemblage des cartes de détail facilite le passage de l'une à l'autre.

4.3. Les mises à jour de 1933 et 1955

La 3^e édition de 1933, est une mise à jour par E. Raguin de l'édition précédente, sous la direction de L. de Launay. La couverture au 1/80 000 est alors quasiment achevée : 248 feuilles sur les 255 ont été publiées, plus de 40 en sont à la 2^e édition, et 4 à la 3^e.

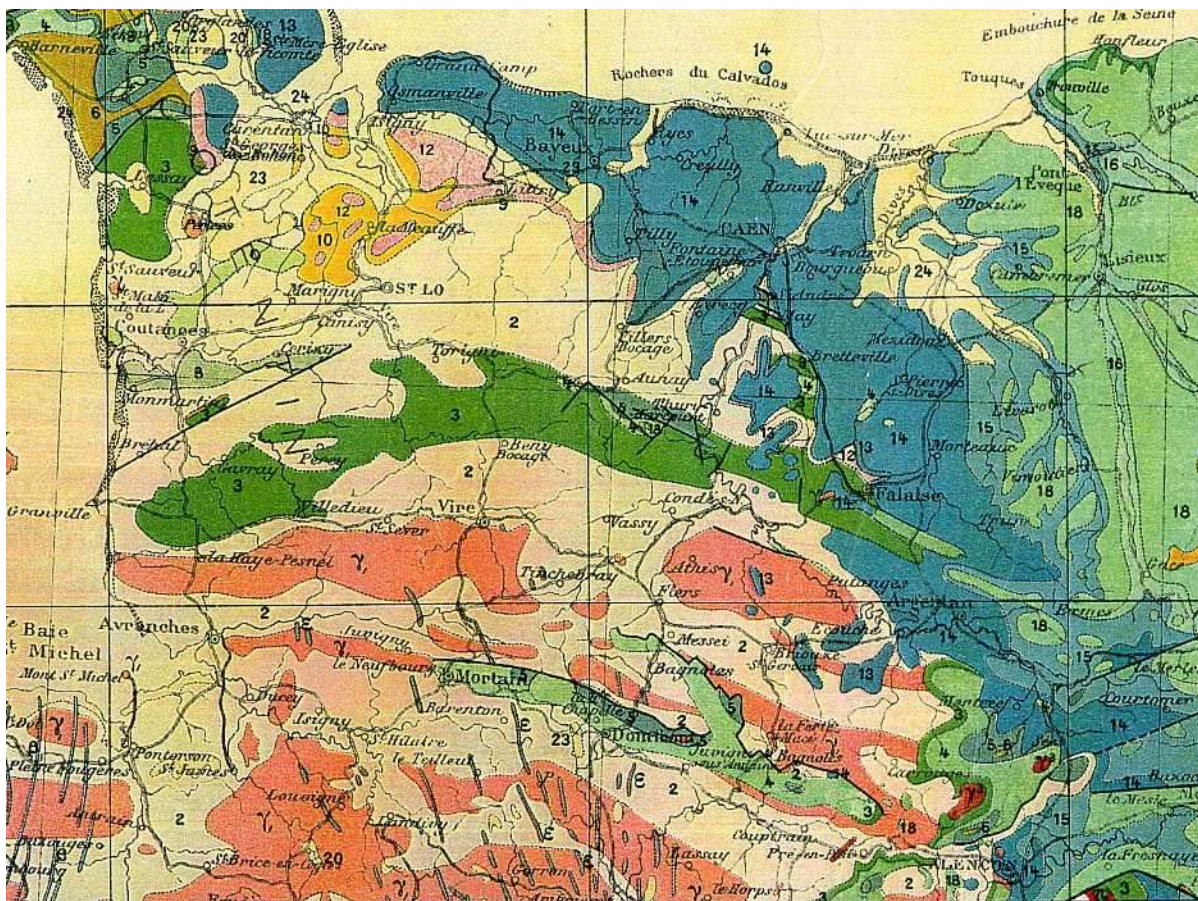


Figure 5. Extrait de la carte géologique de la France au 1/1 000 000, 4^e édition, 1955

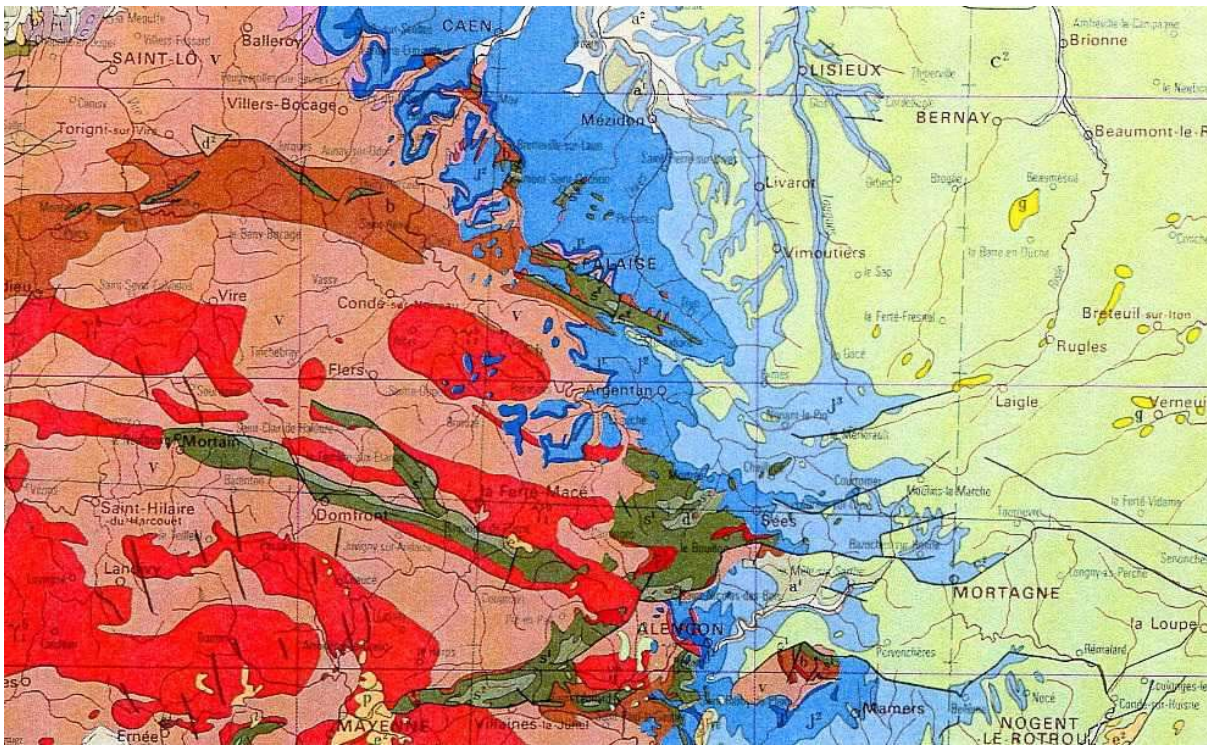


Figure 6. Extrait de la carte au 1/1 000 000, 5^e édition, 1968 (même extrait que celui de la 4^e édition)

La 4^e édition de 1955, est une mise à jour par Jean Goguel, directeur du service de la carte. La précédente édition étant épuisée, une réédition était nécessaire. Elle ne présente guère de changements. La couverture de détails au 1/50 000 avançait trop lentement (et dans le désordre) pour entraîner des corrections.

4.4. L'édition de 1968, ou l'édition du centenaire

La 5^e édition³³ est publiée en 1968, à l'occasion du centenaire du Service de la Carte Géologique, toujours sous la direction de Jean Goguel. Elle s'appuie encore essentiellement sur la couverture au 1/80 000.

C'est une nouvelle carte et non pas une mise à jour. Un simple regard sur celle-ci suffit pour s'apercevoir, qu'elle est beaucoup plus lisible que la précédente édition. Ceci s'explique par un choix de teintes plus vives et plus contrastées, mais aussi par la suppression sur la carte des numéros des formations sédimentaires. A la place de ces numéros, sont indiquées les lettres conventionnelles qui désignent dorénavant les étages. Ce nouveau marquage est beaucoup moins dense que le semis de plusieurs centaines de numéros qui le précédait. La carte est plus « aérée ». La typographie est également simplifiée et imprimée en bistre et en gris clair. Jusqu'alors elle l'était en noir. Les tracés des principales routes ont disparu. Ces modifications, essentiellement sur la forme il est vrai, en facilitant la lecture, facilitent l'utilisation de cette carte comme support d'un commentaire sur l'histoire géologique de la France.

On note également quelques modifications du contenu. Les contours des terrains ont été simplifiés, les points colorés correspondant aux sondages en Manche ont été supprimés, le nombre des filons dans le domaine Nord-armoricain a considérablement diminué.

La légende n'échappe pas à cet effort de clarté. La 4^e édition distinguait 60 formations sédimentaires, grâce à une combinaison de 24 couleurs et de nombreux indices. La 5^e en présente 42, codées par une couleur et une lettre. Cette nouvelle légende surtout se rapproche de celle des

cartes au 1/80 000 et il n'est plus nécessaire d'indiquer les correspondances de désignation entre ces deux échelles. Ce nouveau type de codage sera repris avec seulement quelques légères modifications dans les cartes générales qui succéderont à celle-ci.

A la distinction « terrains azoïques et cristallophylliens » d'une part, « roches éruptives » d'autre part, succède une distinction entre formations métamorphiques et plutoniques, et formations volcaniques. Les granites après avoir été reconnus comme des roches passées par un état fondu, donc proche des laves et projections, en sont maintenant distinguées par leur gisement (leur genèse) lié aux roches métamorphiques. L'idée d'un métamorphisme prograde aboutissant aux granites transparait dans l'ordre de la légende : micaschistes, gneiss (amphibolites), migmatites, granite d'anatexie.

La 4^e édition présentait un classement pétrographique des roches éruptives. La datation de ces roches était secondaire. La 5^e édition, en revanche, classe les granites et les roches volcaniques d'abord par leur ère d'appartenance. La dimension chronologique de la carte s'affirme toujours plus. Cette tendance va se poursuivre jusqu'à la 6^e édition, entièrement chronologique. Il est donc possible, à partir de cette édition, d'inclure la mise en place des granites et des roches volcaniques dans une chronologie des événements sédimentaires.

5. La couverture au 1/50 000

5.1. Des débuts difficiles

Dès 1913 est décidée l'établissement d'une carte géologique détaillée au 1/50 000, sur le fond topographique en courbes de niveau de la Nouvelle carte de France. Mais force est de constater que cette nouvelle échelle ne s'impose pas dans la réalité. Les deux premières feuilles, Toulon et La Ciotat, par E. Haug, ne paraissent qu'en 1925. G. Courty³⁴ dans son *Cours de géologie et de minéralogie*, en 1936, ne signale même pas l'existence de cette échelle, alors qu'il consacre une dizaine de pages à la carte géologique au 1/80 000. En 1945, la couverture se réduit à dix feuilles publiées.

Revenons aux deux premières feuilles parues en 1925. A. Bonte³⁵, nous dit dans son *Introduction à la lecture des cartes géologiques*, en 1945, que ces cartes d'E. Haug innovaient en plusieurs points. Elles présentaient une légende renversée (les terrains les plus anciens figuraient au sommet), les teintes conventionnelles se rapprochaient de celles de la carte au 1/320 000 et, fait beaucoup plus gênant, les divisions stratigraphiques étaient basées sur un principe tout à fait différent de celui des cartes au 1/80 000 ce qui rendait toute comparaison impossible sans le secours d'un tableau de correspondance.

Les feuilles au 1/50 000, levées par la suite, reprennent en grande partie les teintes et le codage (en plus détaillé) de la carte au 1/80 000, mais l'unité ne se fait pas.

Ces feuilles pourtant présentent un atout majeur : leur nouveau fond topographique. Il s'agit de celui de la « Nouvelle carte de France au 1/50 000 », dite type 1922, dépouillé de certaines couleurs et de sa légende³⁶. La précision de ce fond topographique est beaucoup plus grande que celle de la carte au 1/80 000. La représentation du relief par courbes de niveau demande une certaine habitude pour interpréter le relief par simple lecture. En revanche, elle permet la construction de profils topographiques précis et donc la réalisation de coupes géologiques beaucoup plus fines. La combinaison de cette représentation, avec l'indication de nombreux pendages de couches, améliore considérablement la précision des tracés des coupes.

³⁴ COURTY, G. 1936. Cours de Géologie et de Minéralogie. 7 éd. augm. et entier. revue. Paris : Librairie de l'Enseignement Technique, Léon Eyrolles.

³⁵ BONTE, A. 1945. Introduction à la lecture des cartes géologiques, préf. de E. Raguin. Paris : Masson. La réédition de 1958 est identique.

³⁶ L'Institut Géographique National, est créé en 1940. Il poursuit les levés et la publication des cartes topographiques assurées jusqu'alors par le service des armées.

Chaque feuille géologique porte la même dénomination et recouvre le même espace que la feuille topographique correspondante. La lecture simultanée des deux feuilles facilite les études géomorphologiques ou les études des relations entre les roches et les paysages.

En 1960, une Note interne du Service de la Carte cherche à mettre de l'ordre et de l'unité dans le contenu de ces cartes. Une réorganisation des publications est nécessaire, la couverture de la France se réduit en 1967 à seulement une centaine de feuilles³⁷..

5.2. Un projet ambitieux

En 1968, la maîtrise d'oeuvre du programme de cartographie géologique de la France au 1/50 000 est confiée au Bureau de Recherche Géologique et Minière (BRGM). Quatre ans plus tard, celui-ci diffuse des notes d'orientation pour l'établissement de cette couverture auprès des géologues cartographes du Service géologique national et de ses principaux collaborateurs. Ces notes font l'objet en 1975 d'une deuxième édition³⁸ destinée aussi bien aux géologues, qu'aux dessinateurs-cartographes et imprimeurs. Elles constituent une intéressante source d'informations sur les contenus de la carte et sur leur codage, mais également sur le dossier cartographique tel que le BRGM aurait souhaiter en recevoir.

L'avant-propos à ces notes indiquait : « Il est prévu de compléter ou d'actualiser périodiquement les indications fournies par ces notes ». La troisième édition est publiée en 1997.

La rédaction de ces notes d'orientation est une tentative non seulement d'harmoniser des tracés et des figurés trop diversifiés au fur et à mesure des années et des feuilles, mais aussi d'établir des conventions communes sur la désignation des unités stratigraphiques et lithologiques. Ces conditions sont les fondements d'une couverture géologique unifiée, seule garant d'une lisibilité pour un grand nombre d'utilisateurs. Le BRGM se préoccupe également de rendre ces cartes plus accessibles à un public non géologue : élus locaux, dans un souci d'aménagement du territoire et d'environnement, agriculteurs, enseignants et même « grand public » averti.

La carte géologique détaillée cherche à nouveau à concilier recherche et communication en précisant son ancrage : « il est essentiel de ne pas perdre de l'information en cherchant à se mettre à la portée de lecteurs insuffisamment initiés ; c'est la présentation des documents et la rédaction à plusieurs niveaux de lecture qui doivent faciliter la consultation des cartes, et non pas la suppression de détails et précisions utiles. »

La plupart des feuilles de la carte au 1/50 000 ont été publiées entre 1975 et 1997, donc après ces notes. Détaillons quelques peu leur contenu.

5.2.1. Le contenu souhaité

La note d'orientation n°1 précise d'emblée qu'il n'est pas possible de codifier étroitement les teintes pour l'ensemble de la France du fait des diversités régionales qu'il convient de cartographier pour la compréhension des unités géologiques locales. Ainsi un tableau détaillé des notations pour la carte géologique est proposé, sans interdire des notations supplémentaires pour distinguer des faciès locaux. Il est rappelé toute fois qu'une variation de faciès peut être exprimée par un figuré lithologique (en surcharge) sans qu'il soit nécessaire d'utiliser une teinte nouvelle ou surtout une notation nouvelle. Ces notations sont semblables dans le principe aux usages antérieurs : codage par lettres et chiffres. Beaucoup plus détaillées, elles prévoient le codage des sous-étages par

³⁷ Chiffre emprunté à : POMEROL, Ch. et BLONDEAU, A. 1968. Initiation à la géologie pratique, préf. de R. Balland. Paris : Editions Boubée & Cie. Ces auteurs écrivaient (p. 172) : « Le lever de ces dernières [les dernières feuilles au 1/50 000] est activement poursuivi mais demandera encore 15 à 20 ans pour être achevé. »

³⁸ Notes d'orientation pour l'établissement de la carte géologique à 1/50 000. 1975. 2° éd. Orléans : B.R.G.M.

l'ajout d'une lettre supplémentaire. Reste une difficulté sans solution tranchée : les corrélations stratigraphiques à établir entre certains faciès particuliers ou certaines subdivisions étrangères, et les subdivisions de ce tableau de référence. Notons que le codage des étages se distingue dans le détail de celui de la carte au 1/80 000, et que le codage des systèmes ou périodes se distingue de celui de la 5^e édition de la carte au 1/1 000 000 et de la carte au 1/1 500 000. Un tableau d'équivalence des notations est prévu en fin de notice pour faciliter la tâche du lecteur. Enfin le codage du Quaternaire et des formations superficielles bien que précisé par une note spéciale est à adapter selon l'importance quantitative de ces terrains sur chacune des feuilles.

A ces aspects chronologiques de la cartographie s'ajoute un souci de précision lithologique. Ainsi il est proposé de figurer la lithologie des roches sédimentaires lorsque celle-ci apporte une information appréciable soit pour distinguer des variations latérales de faciès soit pour mettre en avant un faciès particulier. Des modèles de figures sont proposés, ils sont inspirés de l'essai de normalisation des figurés de la Chambre syndicale de la recherche et de la production du pétrole et du gaz naturel. Ces figures sont couramment utilisées dans l'enseignement supérieur pour la construction des coupes géologiques.

Une note est consacrée à la cartographie des roches plutoniques. Elle tente d'organiser le manque de cohérence des codages utilisés dans la couverture au 1/80 000. Le principe de base pour la cartographie des granitoïdes est dorénavant de faire correspondre aux teintes, des catégories chimiques et/ou minéralogiques (norme et mode). La prise en compte des âges isotopiques n'est pas retenue parce qu'elle est encore trop limitée. La texture, toujours si son indication apporte une information appréciable, peut être figurée par des surcharges. Le codage par lettres grecques avec exposant et indice persiste. Une liste est préconisée.

La cartographie des roches métamorphiques réunit trois modes de figuration utilisés simultanément : une teinte traduisant le type chimique et/ou minéralogique de la roche, une notation symbolique de la lithologie et de l'âge du protolite et des courbes de couleurs indiquant les isogrades identifiés et délimitant des zones de stabilité d'associations minérales caractéristiques. Toute une série de codage est alors proposée, mais là comme ailleurs il s'agit seulement de propositions.

Pour la représentation des roches volcaniques, la note propose aux choix des auteurs de cartes plusieurs types de notations. L'accent peut être mis pour une carte sur la distinction des faciès volcanoclastiques, pour une autre sur la pétrologie. En règle générale, la couleur est réservée au type pétrographique, conforté par une lettre et les indications stratigraphiques sont codées par un indice. Des précisions minéralogiques ou des indications de texture ou de structure peuvent également être ajoutées sous forme d'exposants.

La légende technique est également modifiée. L'hermétisme de celle de la carte au 1/80 000, en partie conservée dans les premières cartes au 1/50 000, nécessitait une refonte complète. L'archivage des données du sous-sol au Service géologique national et la nécessité d'une codification compréhensible au-delà de nos frontières ont guidé cette nouvelle codification. Sans entrer dans le détail, notons que sont dès lors précisés de manière codifiée les points d'observation et de prélèvements d'échantillons, les éboulis et glissements de toutes sortes, les sources, forages, puits, particularités de l'hydrogéologie karstique, la localisation des gisements de substances minérales, leur exploitation et leur traitement. Les minéraux sont désignés par une abréviation en trois lettres imprimées en rouge. La notice vient compléter ces informations en précisant les analyses chimiques, le mode d'exploitation, les principales utilisations, etc. Toutes les informations concernant des forages et des puits pour l'eau sont portées en bleu.

Des tableaux d'abréviations précisent alors la codification pour 72 minerais, 47 minéraux et 112 roches exploitables. Il est prévu que soit précisée en marge de chaque feuille la légende des abréviations utilisées dans celle-ci. Si le nombre total de ces codes est important, il est généralement réduit à une dizaine sur la plupart des cartes. La suppression des symboles et des combinaisons de symboles, de chiffres et de lettres représentent une nette amélioration de la lisibilité.

A la carte proprement dite s'ajoute de manière facultative un grand nombre d'annexes destinées à en améliorer la compréhension et par extension la compréhension précise de la géologie de la zone à laquelle appartient la carte. Ainsi, elle peut s'accompagner : d'une coupe stratigraphique synthétique, d'un schéma structural (limité à la feuille ou élargi à la région), du log d'un sondage profond, d'un profil géologique, d'une coupe schématique, d'une carte détaillée d'un secteur complexe, d'un schéma de répartition des faciès, d'un extrait de carte géophysique, hydrogéologique... Ces documents sont présentés en marge de la carte ou lorsqu'ils sont accompagnés d'un texte explicatif, sont intégrés dans la notice explicative.

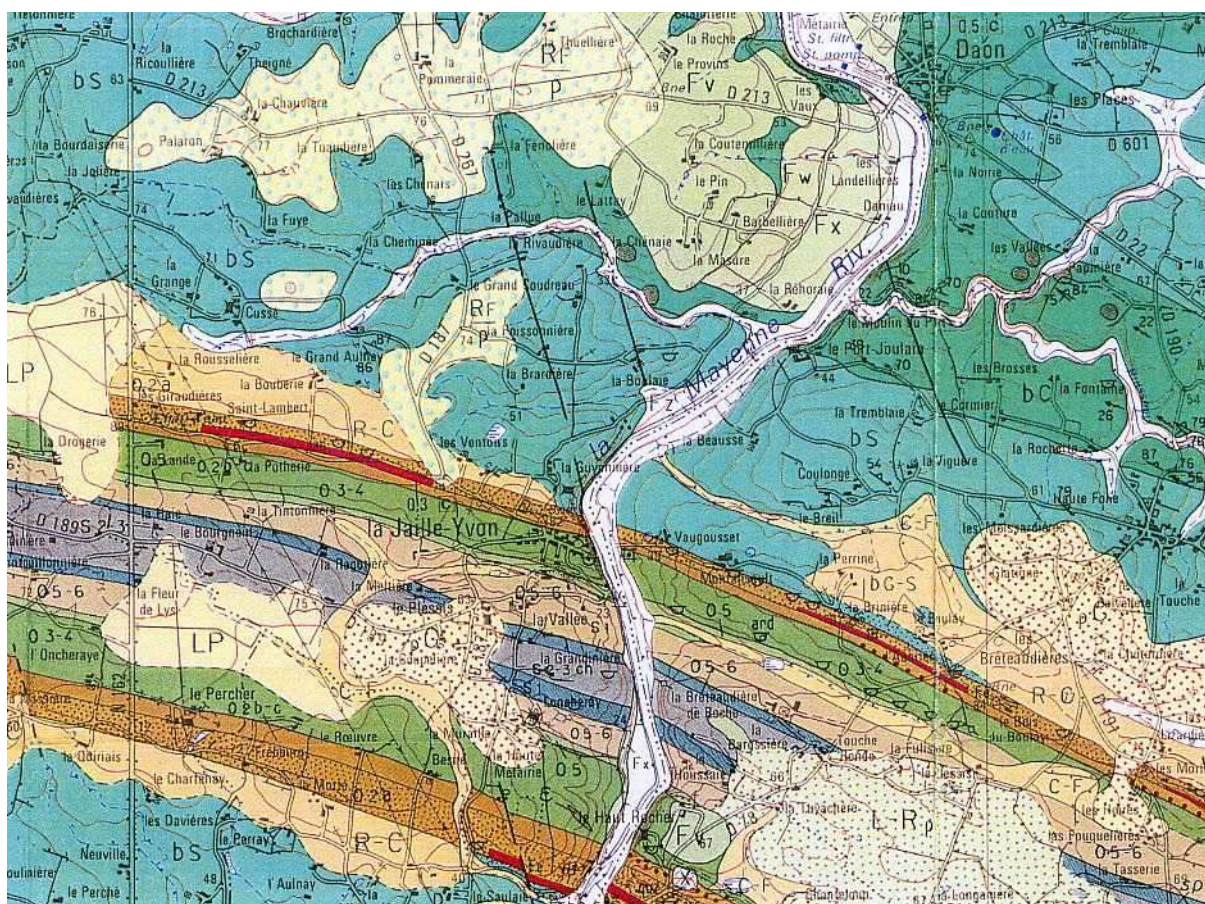


Figure 7. Extrait de la carte géologique au 1/50 000, Château-Gontier, N°391, 1^{re} éd., 1987.

La notice explicative est devenue un petit fascicule, voire pour certaines éditions récentes, un livret de plus de cent pages. Elle précise la nature et les diverses caractéristiques des terrains cartographiés en reprenant les subdivisions de la légende. Toujours dans le souci de rendre la carte plus accessible à des utilisateurs plus divers, les notes précisent jusqu'au plan de la notice. On notera le souhait que soit distingué dans ce livret, les observations des interprétations avec pour celles-ci une discussion sur leur validité.

La notice renferme ainsi un aperçu géographique et géologique d'ensemble qui souhaite être accessible à un large public de non spécialistes. Elle présente des informations sur les sols, la végétation et les cultures qui les recouvrent, sur la préhistoire et l'archéologie, l'hydrologie, les ressources minérales... Elle cherche à faire le lien avec des documents spécialisés, sans s'y substituer pour autant.

5.2.2. Au bilan, 20 ans après

Comme cette description rapide nous le montre, le projet de la carte géologique détaillée, tel qu'il fut précisé par ces notes, était très ambitieux. Il cherchait tout à la fois, à établir une somme des connaissances pour chaque zone représentée par une feuille et à harmoniser la présentation de ces informations pour les rendre accessibles à un public élargi. La carte devenait une banque de données, que des lecteurs expérimentés pouvaient faire fructifier.

L'observation d'un grand nombre de cartes publiées depuis ces notes, nous montre que ces dernières furent diversement suivies. Peut-être n'étaient-elles pas suffisamment contraignantes. Dans l'ensemble pourtant les feuilles publiées s'en approchent et sont beaucoup plus riches d'informations que les feuilles au 1/80 000 et les premières feuilles au 1/50 000.

Ajoutons que le temps est un obstacle de taille à l'unité d'une couverture détaillée. Les connaissances et les techniques ont évolué et évoluent à un rythme beaucoup plus rapide que celui de la publication de ces cartes. Au bilan, les feuilles publiées sont rapidement dépassées. L'autre handicap, c'est l'espace. Une carte détaillée nécessite un très grand nombre de géologues cartographes compétents et des moyens financiers en conséquence. Ces conditions n'ont pas été remplies.

La publication en 1996 de la 6^e édition de la carte au 1/ 1 000 000 conduit à proposer en 1997 une 3^e édition des notes d'orientation pour l'établissement des cartes au 1/ 50 000. C'est une refonte complète³⁹.

Notons quelques évolutions majeures. La cartographie des terrains sédimentaires est à baser désormais sur l'identification d'entités lithologiques (unités lithostratigraphiques) : la formation devient l'unité cartographique de base. C'est l'abandon des entités chronostratigraphiques qui caractérisaient la carte géologique de France. Les formations superficielles sont enfin intégrées à la carte. La cartographie des roches volcaniques devient beaucoup plus précise, elle prend en compte la géochimie des séries magmatiques, leur environnement tectonique et la morphologie des structures volcaniques. Les roches métamorphiques sont à représenter de manière à traduire à la fois leur géochimie et leurs caractéristiques spatiales. La notice est à penser, avant tout, comme un discours pour un public élargi aux non-spécialistes.

En décembre 1997, à l'occasion d'un Colloque de prospective sur le programme national de cartographie géologique, le BRGM estimait qu'au rythme actuel de 20 cartes par an, cette couverture pourrait être achevée en 2004.

5.3. La carte régionale au 1/250 000

La carte géologique de détails au 1/50 000 est difficilement utilisable pour des études à l'échelle régionale, qu'il s'agisse de travaux pour l'enseignements ou de prises de décisions dans le cadre de choix de réalisation d'infrastructures routières ou ferroviaires. Un document à échelle régionale était nécessaire, en remplacement du 1/320 000 d'où la mise en oeuvre d'une couverture plus synthétique au 1/250 000.

L'échelle de cette carte est adaptée à un enseignement des unités géologiques : une cartographie déterminée non pas par une échelle géométrique mais par une échelle géologique a souvent été réclamée, mais en vain. Elle n'était guère envisageable tant que la couverture au 1/50 000 restait sporadique. Sur les 43 feuilles prévues, 13 sont parues à ce jour. Elles sont trop récentes (la première feuille paraît en 1979) pour avoir été prises en compte dans l'enseignement des collèges et lycées.

6. La carte au 1/1 500 000

En 1980 est publiée une Carte géologique de la France et de la marge continentale⁴⁰, à l'échelle du 1/1 500 000. Les innovations sont nombreuses tant sur la forme que sur le fond, elles traduisent aussi bien des progrès techniques que des changements conceptuels importants. Le titre, à lui seul, est évocateur. On ne peut plus désormais séparer la géologie des terres émergées de celle du plateau continental. La «révolution dans les sciences de la Terre» a secoué la cartographie française.

J. Bodelle, à l'origine du projet de cette carte, écrivait à l'occasion du 26^e Congrès géologique international en 1980 : «le regard neuf, éclairé par les renouvellements ou les affinements de concepts ou de méthodes, qui sont apparus dans les Sciences de la Terre depuis 15 ans, ont conduit au cours des dix dernières années à un grand nombre de publications remettant en cause localement l'image d'ensemble de l'évolution géologique de la France. (...) C'est très conscient de ce besoin de synthèse, de mise en circulation de ces données nouvelles, que le Service géologique national y consacra l'aide matérielle nécessaire.»⁴¹ Ce discours, en avant-propos de la publication d'une série de colloques, pourrait très bien servir d'introduction à cette nouvelle carte. Cette carte géologique générale s'imposait, elle est dans la lignée de l'évolution de la géologie française et internationale.

Elle s'appuie sur la couverture au 1/50 000 qui couvre alors près de 63 % du territoire, sur les cartes à l'échelle régionales (cartes de synthèse au 1/250 000 établies à partir des feuilles au 1/50 000) et sur de nombreux travaux locaux et régionaux. Parallèlement, entre 1970 et 1978, l'Espagne, la Grande-Bretagne, la Suisse, la République fédérale d'Allemagne, le Luxembourg, l'Italie, la Belgique, les Pays-Bas ont publié ou levé de nouvelles cartes nationales qui permettent également de reprendre toutes les régions géologiques frontalières.

Cette nouvelle échelle permet la publication d'une carte moins grande, en une seule feuille, ce qui la rend au moins plus maniable. En diminuant l'échelle on pouvait craindre de perdre des informations, mais ce n'est pas vraiment le cas. On peut signaler toutefois la réduction de la toponymie, qui ne fait plus figurer que les localités qui donnent leur nom à une feuille au 1/50 000 ou au 1/80 000, et la perte du tableau d'assemblage des feuilles au 1/80 000 figuré jusqu'alors en surimpression. Cette caractéristique facilitait le passage de la carte de la France à la carte détaillée, mais l'usage du 1/80 000 tendant à disparaître lorsqu'il existe une feuille au 1/50 000, celle-ci ne se justifiait plus. Surimposer un tableau d'assemblage des cartes au 1/50 000 n'est pas envisageable pour des raisons de lisibilité. Ajoutons enfin qu'on peut alors se procurer facilement auprès du B.R.G.M. ces tableaux d'assemblages avec indication des cartes disponibles, épuisées ou en projet.

Le fond topographique figure désormais les grands axes routiers et les grandes unités géologiques (Massif armoricain, Bassin aquitain...). Il s'appuie sur des documents I.G.N. au 1/1 000 000 et 1/1 750 000. L'Ile de Beauté est pour la première fois à sa place (jusqu'alors elle était placée en encart en Méditerranée ou dans le Golfe de Gascogne). La légende est également déplacée, du Golfe de Gascogne à l'est de la carte, sur l'Allemagne, la Suisse et le nord de l'Italie. La bathymétrie de la Mer Ligure et du Golfe de Gascogne est ainsi plus clairement observable.

Cette prise en compte des marges continentales est encore plus évidente, bien sûr, par la

⁴⁰ B.R.G.M. 1980. Carte géologique de la France et de la marge continentale à l'échelle du 1/1 500 000. Orléans : B.R.G.M. Coordonnée et réalisée en 1978 et 1979, à l'initiative de J. Bodelle et sous la direction scientifique de J. Goguel, par O. Dottin avec la collaboration de A. Autran, Ph. Bouysse, J. Chantraine, J.-C. Chiron, S. Debrand-Passard, J. Dubreuilh, M. Durand-Delga, J. Labourguigne, G. Le Pochat, F. Mégnien, F. Ménillet, J.-P. Platel et J. Rouire.

⁴¹ BODELLE, J. 1980. Evolutions géologiques de la France. Avant-propos. éd. par A. Autran et J. Dercourt : 26 Congrès géologique international, colloque C7. *Mémoire du B.R.G.M.* N°107.

cartographie géologique de la Manche et du plateau de Gascogne⁴² avec les mêmes notations que les formations terrestres équivalentes, mais avec une teinte atténuée. L'Angleterre est reliée à la France avant que le tunnel ne soit percé ! Les désignations des formations sédimentaires n'ont guère changé.

Les apports de la chronologie absolue se traduisent dans la cartographie des roches volcaniques et plutoniques. Les groupes d'âge des roches volcaniques acides et basaltiques sont plus nombreux et rendus par des dégradés de couleur. Les granites sont distingués par leur âge absolu, ce qui est une première. La distinction chimique se réduit à trois figurés en surimpression pour les granites, et à la distinction acide/basique pour le volcanisme. Les autres roches plutoniques, restent d'âge indéterminé. La primauté est nettement donnée à la chronologie, aux dépens du chimisme. La légende est simplifiée et beaucoup plus claire que celle de la 5^e édition du 1/1 000 000.

Le métamorphisme est bien distingué du plutonisme et cartographié par des figurés placés également en surimpression sur la teinte de la formation sédimentaire, volcanique ou plutonique d'origine. Deux intensités sont distinguées (épi-métamorphisme d'une part et méso et catamétamorphisme d'autre part). L'accent est mis sur la nature des roches transformées et non sur les roches obtenues. Le métamorphisme ne doit plus masquer la reconstitution historique.

La légende tectonique distingue maintenant les chevauchements des autres failles.

Enfin, et cela prend une grande importance pour l'enseignement (et l'enseignant), la carte est accompagnée d'une notice explicative de près de cent pages « conçue comme une mise à jour des connaissances géologiques ». Les auteurs précisent : « il n'était pas question, en si peu de pages, de rédiger une nouvelle « géologie de la France⁴³ », mais plutôt un résumé chronologique des événements qui ont donné naissance aux différentes formations que nous cartographions aujourd'hui ; l'accent a été surtout mis sur les connaissances nouvelles apportées au cours des dernières années ». Elle n'est pas un guide méthodologique de lecture, elle ne fournit pas d'explications supplémentaires à la légende, elle est une lecture chronologique de la carte, elle présente l'histoire géologique de la France.

Cette notice explicative est un plus certain par rapport aux cartes précédentes au 1/1 000 000 qui renvoyaient le lecteur néophyte à la lecture d'ouvrages plus spécialisés. Cette carte vise un public plus large, elle cherche à communiquer, à un moment où la géologie se « médiatise ».

7. La 6^e édition de la carte au 1/1 000 000

La 6^e édition publiée en 1996 est une refonte complète des éditions précédentes. C'est une autre carte. Elle s'appuie sur la couverture détaillée au 1/50 000 (85 % de cette couverture est à ce jour réalisée⁴⁴). complétée par des travaux récents.

Nous la signalons ici, pour ses innovations dans la continuité des cartes précédentes, et comme document majeur pour tout enseignement moderne de la géologie de la France.

Tous les terrains, qu'ils soient sédimentaires, métamorphiques, volcaniques ou plutoniques sont désormais représentés en fonction de leur âge. Les terrains sédimentaires et volcaniques sont caractérisés par leur âge stratigraphique, obtenu par détermination paléontologique, par encadrement stratigraphique ou par des méthodes physiques. Ils sont représentés grâce à une gamme de 32

c'est bien sûr au livre de J. Debelmas que les auteurs font ici allusion. Par ordre chronologique : LAUNAY, L. de.

1921. Géologie de la France. Paris : Colin. ; ABRARD, R. 1948. Géologie de la France. Paris : Payot. ;

DEBELMAS, J. 1974. Géologie de la France. 2 vol., Paris : Doin.

⁴⁴ Chiffre extrait de *Géochronique*, n°59, 1996, p. 11.

couleurs associées à une lettre. La nouveauté est dans la cartographie chronologique des roches plutoniques (les âges ont été déterminés par mesure isotopique ou déduction chronologique). Là aussi une gamme de couleurs (23 teintes allant du brun au rouge, au violet, à l'orange et même au jaune, teinte jusque là réservée aux sédiments d'âge tertiaire) permet de les distinguer⁴⁵. Les risques de confusion sont réduits par l'ajout d'un numéro. Les terrains métamorphiques portent la couleur de l'âge biostratigraphique ou radiochronologique de la roche originelle (protolite) avant sa transformation. Une surcharge vient préciser le faciès, la direction régionale principale de la foliation et l'âge du métamorphisme. Cet âge est indiqué par un code de couleurs. Poursuivant l'innovation de la carte au 1/1 500 000, cette édition représente les terrains immergés des marges continentales par leurs couleurs chronologiques atténuées.

La couleur est à la base de la distinction chronologique des terrains, c'est le principal élément de codage. Le décodage passe donc par une discrimination des teintes. L'usage dira si on n'a pas dépassé ici les capacités moyennes du lecteur, et, le forçant à s'aider des lettres et numéros (double codage), perdu la lecture rapide que permet normalement un codage par la couleur.

La gamme des couleurs (avec la réserve sur les granites) permet une lecture à distance par mise en évidence des grandes structures et des grands ensembles régionaux. Les unités géologiques reconnues dans le Massif armoricain n'ont jamais été aussi visibles. C'est donc bien une carte murale, utilisable pour un discours d'ensemble sur la géologie de la France. Mais, et c'est en cela qu'elle se démarque très nettement des éditions qui l'ont précédé, le « nouveau million » est également une carte permettant une lecture de détails.

Des figurés en surimpression fournissent des informations complémentaires qui rendent possible la caractérisation des phénomènes géodynamiques successifs. La carte intègre les modèles de la tectonique globale.

Ainsi, pour les roches magmatiques, les caractères pétrologiques et géochimiques, traduits en termes géodynamiques, sont indiqués par des figurés spécifiques. On peut savoir si tel granitoïde est à rapporter à un contexte de marge active, d'extension continentale, d'accrétion océanique ou d'orogène de collision. Les deux catégories géochimiques classiques des granitoïdes des domaines orogéniques (granites peralumineux et granites calco-alkalins) sont également indiquées. Les principaux champs filoniens sont rapportés par leur couleur soit à l'orogénèse cadomienne, soit à l'orogénèse varisque.

Les informations tectoniques ont été précisées en s'appuyant sur la carte tectonique de la France. On distingue des failles normales, des détachements, des failles inverses, des chevauchements et des décrochements. La cartographie du Massif central s'en trouve complètement bouleversée ; il apparaît formé, dès lors, par un empilement de nappes. Le sud du Massif armoricain est une succession de grands accidents décrochants sénestres qui se poursuivent sous le Poitou, dans le Massif central...

Pour la première fois des éléments structuraux de subsurface sont indiqués : dans les bassins des isobathes du socle sont figurés. Deux cartouches structuraux, illustrant la disposition varisque et la disposition alpine des terrains viennent compléter ces éléments.

La 6^e édition de la carte géologique de la France au 1/1 000 000 se démarque donc très nettement par ses innovations des éditions précédentes. Elle marque l'aboutissement du souci de relier chronologiquement tous les terrains cartographiés. Elle intègre chaque information dans un contexte de tectonique globale. Elle permet, outre un commentaire global sur la géologie de la France, une lecture détaillée de l'histoire géologique des grandes unités. Cette dernière caractéristique en fait une nouvelle échelle pour le commentaire géologique.

⁴⁵ Pour Maurice Mattauer, cette tentative de distinguer par des couleurs autant d'âges de granite est à la fois peu lisible et prématurée. La grande diversité des teintes ne fournit pas de message chronologique et visuel clair et surtout les datations des granites ne sont pas aussi sûres que cette carte semble l'indiquer. MATTAUER, M. 1996. Carte géologique de la France au millionième, *Pour la Sciences*, n°228, oct. 1996, pp. 110-112.

Par comparaison avec les précédentes éditions, nous pouvons dire que cette carte « raconte » beaucoup plus de choses, elle devient plus autonome par rapport au texte. Elle peut se suffire.

Conclusion

L'étude des cartes géologiques françaises disponibles depuis le début du XIX^e siècle nous conduit à distinguer par leur usage deux grands types de carte : les cartes générales de la France et les cartes de détail.

Les premières, qu'il s'agisse de celle de Dufrénoy et Elie de Beaumont, mais surtout des différentes éditions de la carte au 1/1 000 000 et de l'édition au 1/1 500 000, permettent un discours général sur la géologie de la France, sur les grandes unités qu'on peut y reconnaître à l'aide des teintes qui représentent les terrains. Ce discours, bien sûr, s'est affiné au cours des éditions, essentiellement par l'unification des cartes autour d'un axe chronologique. Les roches magmatiques et métamorphiques, par leur datation, sont venues s'intégrer dans cette chronologie. Ces cartes sur un fond géographique relativement simple racontent dans ses grands traits l'histoire géologique de la France. La carte de Dufrénoy et Elie de Beaumont se distingue toutefois par ses informations économiques.

Les secondes, par leur échelle plus grande (1/80 000 et 1/50 000), permettent de décrire des espaces plus réduits. Elles traitent de stratigraphie, de lithologie, de tectonique. Elles renferment des informations sur les gisements de minerais, de minéraux, de roches exploitables, d'eau, c'est à dire inventorier cartographiquement les ressources géologiques. Elles permettent de produire la troisième dimension de l'espace, c'est à dire le prolongement des couches en profondeur. Les terrains peuvent être étudiés dans leur disposition relative, à la fois dans l'espace et dans le temps. Elles cherchent dans le détail à présenter toutes les informations susceptibles d'appuyer une reconstitution précise de l'histoire géologique de la zone étudiée, elles fournissent les informations à l'appui de l'interprétation géologique de leurs auteurs.

Les cartes à échelle réduite (1/320 000 et 1/250 000) permettent un discours géologique à l'échelle régionale. Leur publication, trop étalée dans le temps ou encore trop partielle, réduit d'autant le rôle et la place qu'elles ont pu occuper, tant dans la recherche que dans l'enseignement.

Les cartes géologiques départementales se démarquent par leur discours, beaucoup plus axé sur l'inventaire des ressources que sur la reconstitution d'une histoire géologique.

L'objectif de cette étude était d'établir un état de la diversité des cartes géologiques disponibles au cours du temps depuis le début du XIX^e siècle et susceptibles d'avoir été utilisées dans l'enseignement secondaire directement ou indirectement. Les tableaux 1 et 2 résument les grandes caractéristiques qui les distinguent et qui sont de nature à préciser leur possible utilisation. Sachant dès lors quels matériaux savants étaient disponibles, nous pouvons étudier quels savoirs ont été proposés à l'enseignement.

Tableau 1 : Quelques caractéristiques des différentes cartes géologiques de la France à petite échelle

Type de carte	Date éd.	Nb de terrains et roches cartographiés	Chronologie des terrains...	Localisation géographique des ressources	Eléments de tectonique
Carte de France de Dufrénoy et Elie de Beaumont au 1/500 000	1841	25 + 13	sédimentaires uniquement	gisements, usines	non
Carte de France au 1/1 000 000, 1 ^e éd.	1889	20 + 19	distinctions pour certaines R. éruptives	non	non

Carte de France au 1/1 000 000, 2 ^e éd.	1905	22 +	6 groupes d'âge pour R éruptives	non	
Carte de France au 1/1 000 000, 3 ^e éd.	1933				
Carte de France au 1/1 000 000, 4 ^e éd.	1955	24 + 21	6 groupes d'âge pour R. éruptives métamorphisme en surcharge sur R. sédimentaires	non	oui
Carte de France au 1/1 000 000, 5 ^e éd.	1968	41 + 25	4 groupes d'âge pour R. volcaniques et granites	non	oui
Carte de France au 1/1 000 000, 6 ^e éd.	1996	multicodage	Tous + âges absolus pour granitoïdes	non	oui, détaillés
Carte de France au 1/1 500 000, 1 ^e éd.	1980	36 + 26	5 groupes d'âge pour R. volcaniques, 8 pour les granites + qlq âges absolus	non	oui

Tableau 2 : Caractéristiques des cartes géologiques de détail.

Type de carte	Cartes départementales	Carte au 1/80 000	Carte au 1/320 000	Carte au 1/50 000	Carte au 1/250 000
Date édition 1 ^{re} feuille	1830	1874	1892	1924	1979
≈ 50 % couverture	1858 (45 cartes)				
≈ 100 % couverture	1896 (84 cartes)	1968		2004 ?	
Représentation du relief	aucune	par hachures	aucune	par courbes de niveau	par courbes de niveau
Indication de pendages	qlq indications sur qlq cartes	parfois et peu nombreuses	non	oui	non
Éléments de tectonique	aucun	failles, axe des plis	failles	variable : failles, chevauchements, foliation	failles, chevauchements
Chronologie des R. magmatiques	aucune	distinction d'ères et de périodes		pour partie	pour partie
Chronologie des R. métamorphiques	aucune			pour partie	pour partie
Notice	mémoire joint ou à part	6 feuillets en marge, puis livret		livret détaillé	livret détaillé

Le savoir à enseigner : les textes officiels

1. Avertissement à l'étude des textes et programmes officiels d'enseignement

1.1. Pourquoi étudier les textes et les programmes officiels ?

Etablir un bilan sur un enseignement passe tout d'abord par la définition de celui-ci, c'est à dire la précision de son contenu. Qu'est-ce que l'on enseigne ? Cette question est suivie d'une autre. Comment on l'enseigne ? Pour tenter d'y répondre, il convient de distinguer le savoir à enseigner et le savoir enseigné.

Le savoir à enseigner est institutionnalisé. Il s'appuie sur des textes et des programmes officiels, qui représentent la seule référence officielle pour l'enseignant comme pour les maisons d'éditions. Ils assurent ainsi une unité et garantissent une reconnaissance nationale des diplômes qui sanctionnent ces enseignements.

Le savoir enseigné, en revanche, n'est pas archivé. Issu par définition des productions orales et écrites de l'enseignant et des échanges au sein de la classe, il ne peut être simplement qu'appréhendé au travers de traces écrites (cahiers d'élèves, cahiers de textes, cahiers de préparation de TP) et/ou de témoignages oraux. Quand il s'agit d'un enseignement en cours de réalisation, le chercheur peut être présent dans les classes, prendre des notes, enregistrer (enregistrements audio ou audiovisuel). Quand cette recherche porte sur des enseignements passés, il n'a à sa disposition que des archives très fragmentaires.

Travailler sur le savoir enseigné avec une dimension historique nécessite au préalable un important travail d'archives, et au final un important travail critique lié à l'aspect fragmentaire voire ponctuel de ces matériaux.

Travailler sur le savoir à enseigner avec une dimension historique offre au moins la garantie de matériaux en quantité et qualité : les textes et les programmes officiels. C'est le choix fait dans l'étude qui suit. On peut lui reprocher le décalage constant qui existe entre les contenus des programmes et l'enseignement réellement dispensé en classe, mais le décalage entre l'enseignement assuré par un enseignant et un autre est au moins aussi grand. Les conclusions tirées d'une étude de cas sont, dès lors, tout au moins aussi difficiles à généraliser.

L'étude des textes et des programmes officiels au cours du temps permet de retracer l'évolution d'un enseignement à l'échelle nationale. On peut considérer que les modifications chronologiques de ces programmes se sont effectivement traduites par des modifications des enseignements réalisés. Ainsi, si à un moment donné on peut discuter de la représentativité du programme par rapport au savoir enseigné, on peut également s'accorder pour reconnaître une évolution conjointe des savoirs à enseigner et des savoirs enseignés. Ne pas accepter cette proposition reviendrait à considérer ces deux savoirs comme totalement distincts.

L'influence des programmes officiels sur le contenu et les méthodes d'enseignement est beaucoup plus forte aujourd'hui qu'elle ne l'était au début du XIX^e siècle.

B. Belhoste⁴⁶ écrit, que durant la première moitié du XIX^e siècle, la réglementation du secondaire reflète seulement la réalité des grands établissements parisiens : les collèges royaux (noms donnés aux lycées de 1815 à 1848) Louis-le-Grand, Henri IV, Bourbon, Charlemagne, Saint-Louis, Versailles et les collèges Stanislas et Rollin. La réglementation est conçue en étroite concertation avec leurs proviseurs et professeurs. Les textes arrêtés s'appliquent également aux collèges royaux de province (32 en 1815, 51 en 1848). Mais, ceux-ci sont souvent obligés de les adapter en fonction de leurs moyens limités. Pour les collèges communaux (encore plus nombreux), les distances sont encore plus grandes : ils s'inspirent des plans d'études officiels lorsqu'ils préparent au baccalauréat, mais ils en sont bien loin dans la plupart des cas. Les institutions et pensions privées, dont les élèves poursuivent leurs études dans les collèges, s'alignent en revanche, en partie au moins, sur ces règlements. Les savoirs à enseigner et les savoirs enseignés peuvent alors être bien distincts. Comment les déterminer précisément en absence d'archives ? Les textes officiels sont des incitations pour les collèges, à prendre comme des indications, pour une écriture de ces pages de l'histoire de l'enseignement.

A partir de la deuxième moitié du XIX^e siècle, sous l'autorité du ministre H. Fortoul (1851-1856), la réglementation devient beaucoup plus stricte. Elle organise et contrôle l'enseignement en s'appuyant sur des inspecteurs et des recteurs, au moins pour le public, car le privé devient totalement libre de ses enseignements. Sous la III^e République, cet autoritarisme centralisateur s'étend à l'enseignement primaire, à l'enseignement secondaire de jeunes filles, à l'enseignement

technique et à l'enseignement supérieur.

La gestion de l'Instruction publique passe ainsi progressivement d'un régime décentralisé, où le contrôle est souple et incitatif, à un régime beaucoup plus uniforme et centralisé qui exige une machine bureaucratique complexe et diversifiée. La réglementation change par là même d'échelle et de fonction. Au début du siècle [XIX^e siècle], les chefs de l'Université l'utilisaient pour donner une impulsion et une orientation. A la fin du siècle, la réglementation est devenue un moyen d'administration.⁴⁷

Ces remarques, en forme de restriction, ne doivent pas pour autant nous conduire à minimiser l'apport d'une étude des textes officiels. Avec un décalage dans le temps, ou un décalage dans les contenus et méthodes, l'enseignement qui est dispensé s'inspire de ces textes. Symétriquement, les programmes s'inspirent à leur tour des enseignements réalisés. Reflet en amont ou en aval, ils nous informent aujourd'hui sur des pratiques d'hier. On peut donc y puiser de précieuses informations, en évitant de les prendre pour une description de la réalité scolaire.

Par la suite, l'enseignement s'unifie toujours un peu plus en s'appuyant sur une réglementation de plus en plus détaillée et précise. Aux plans d'études, aux textes et aux programmes s'ajoutent quantités de circulaires, d'explications et de compléments. Les contenus et méthodes sont beaucoup plus réglementés, le savoir à enseigner est beaucoup mieux défini.

Quelle utilisation peut-on faire des textes et des programmes officiels ?

Une recherche didactique se réserve le droit d'aller au-delà de l'analyse descriptive. Elle doit pouvoir évaluer la pertinence des contenus et méthodes avancés. Les programmes, qu'ils soient l'oeuvre d'universitaires illustres, de commissions ou du corps d'inspection générale (ces différentes modalités ont alterné plus d'une fois au cours de ces deux siècles), ont tous été modifiés, corrigés, amputés, complétés au cours du temps. Les savoirs scientifiques, les savoirs à enseigner, les conditions d'enseignement, les méthodes pédagogiques préconisées ont évolué et évoluent : les programmes et les textes aussi. Nous pourrions à ce sujet parler de co-évolution, car les influences sont réciproques.

Etudier les textes et programmes est un élément nécessaire à une réflexion collective sur l'enseignement. Cette démarche peut même être considérée comme une démarche qualité pour reprendre une expression économique⁴⁸. Les approches historiques visant à recontextualiser ces contenus (recontextualisation politique, économique, sociale, culturelle), doivent être réinvesties. L'approche didactique doit chercher à mettre en évidence les articulations, les continuités et discontinuités logiques, doit discuter de la pertinence des choix d'enseignement (par rapport au

⁴⁷ Ibid. p. 21.

⁴⁸ La démarche qualité d'une entreprise consiste en amont de toute production à préciser ce que l'on va faire et comment on va le contrôler. Avant même la mise en place de la production, les éléments de contrôle de qualité sont établis. L'enseignement ne présente pas encore cette démarche. Si on précise ce que l'on va faire et comment on va le faire (textes et programmes), on ne prévoit pas, par contre, les moyens de contrôler l'adéquation entre ce qui est projeté et ce qui est réalisé. Comment contrôle-t-on la réalisation des objectifs des programmes et textes officiels ? L'inspection n'agit qu'au niveau du déroulement des séquences d'enseignement, au niveau des enseignants. Elle n'établit pas de bilan des savoirs réellement acquis, elle n'opère pas au niveau de l'élève. Si l'enseignement ne présente pas de démarche qualité, il ne présente pas non plus de cercle de qualité. Mis en place en entreprise ils rassemblent des réalisateurs d'un produit ou d'un service pour discuter des moyens pour améliorer le service ou le produit. Ces informations sont ensuite intégrées au processus de réalisation. L'équivalent, dans l'enseignement, reste à inventer. L'équipe pédagogique fonctionne au niveau d'un établissement et limite ses compétences à l'étude des moyens à mettre en oeuvre pour réaliser les objectifs des textes et programmes. Acteurs, opérateurs, réalisateurs (et combien d'autres qualificatifs encore) l'enseignant n'est pas reconnu comme personnel qualité pour émettre un avis sur les modifications à apporter aux textes et programmes. L'enseignant n'est donc qu'exécutant. On peut s'étonner que bien des entreprises soient arrivées à la conclusion qu'on améliorerait la réalisation d'un produit ou d'un service lorsqu'on ne limitait plus « l'ouvrier » à la seule tâche d'exécutant, et qu'en revanche cette conclusion soit toujours écartée dans l'enseignement. Cette comparaison avec l'entreprise (avec l'incomparable diront certains) n'est là que pour rappeler l'étrangeté, pour ne pas dire l'anachronisme d'un fonctionnement qui conteste l'intérêt d'un regard critique de l'enseignant sur les savoirs à enseigner.

savoir savant, au savoir de l'élève et au savoir de l'enseignant : problèmes de transposition didactique) et doit proposer des éléments de remédiations.

Tout enseignant, en tant qu'acteur directement impliqué, doit s'interroger sur les programmes qu'il enseigne, ne serait-ce que pour une meilleure appropriation. Ce regard analytique, critique est plus qu'un droit, c'est un devoir pour celui qui fait le choix responsable d'enseigner. Le parallèle avec les cercles qualités mis en place dans certaines entreprises ne me paraît pas dès lors incongru.

1.2. Le corpus des textes officiels

Avant 1828, les textes concernant les plans d'organisation des études et les programmes, sont à rechercher dans le Recueil des lois et règlements⁴⁹. A partir de 1828 un Bulletin Universitaire⁵⁰ contenant les ordonnances, règlements et arrêtés concernant l'Instruction Publique rassemble tous les textes officiels réglementant l'enseignement. Le qualificatif « universitaire » renvoie à la création en 1808 de l'Université Impériale, « ancêtre » de l'Education Nationale. Cette structure administrative devient très rapidement une institution majeure, qui gère non seulement l'enseignement, ses contenus, ses méthodes, mais également le recrutement des enseignants et leur carrière.

Le B.U. devient le Bulletin de l'Université et des Etablissements Scientifiques et Littéraires de 1845 à 1849, puis le Bulletin Administratif de l'Instruction Publique en 1850, et le Bulletin Administratif du Ministère de l'Instruction Publique⁵¹ de 1864 à 1932. A ces publications s'ajoutent celles du Journal Officiel de l'Instruction Publique (1831-1833), du Journal Général de l'Instruction Publique (1834-1882) et du Bulletin Pédagogique de l'Enseignement Secondaire (1880-1883). Aux lois et arrêtés s'ajoutent les textes secondaires rassemblés dans les Circulaires et Instructions Officielles Relatives à l'Instruction Publique (1802-1900).

Parallèlement au BA paraît un Bulletin Officiel du Ministère de l'Education Nationale, le « BO » de l'Education Nationale. Son intitulé exact varie plusieurs fois au grés des changements d'intitulé du ministère : Bulletin Officiel du Ministère de l'Education Nationale, Bulletin Officiel de l'Education Nationale, Bulletin Officiel du Ministère de l'Education⁵²...

A ces publications officielles s'ajoutent des publications de divers éditeurs reprenant les textes officiels des lois et arrêtés, parfois même des ordonnances et circulaires, auxquels peuvent s'ajouter des commentaires officiels ou les commentaires d'un inspecteur. L'Institut Pédagogique National puis le Centre National de Documentation Pédagogique ont édité et éditent encore, en collaboration avec le ministère de l'éducation nationale, des numéros spéciaux ou hors série du BO qui adjoignent aux textes des compléments officiels sur les contenus et méthodes d'enseignement. Ces compléments proposent depuis quelques années des progressions et des exemples d'activités pratiques.

Signalons enfin l'existence de publications par des éditeurs scolaires ou de co-éditions⁵³ renfermant, outre les textes officiels, des déclarations d'orientations, des précisions officielles ou officieuses sur les objectifs poursuivis, des justifications de ces mêmes orientations ou des allocutions de personnalités engagées dans ces réformes.

⁴⁹ Recueil des Lois et Règlements concernant l'Instruction Publique depuis l'édit de Henri IV, en 1598, jusqu'à ce jour. Il est noté RLR dans les notes qui suivent.

⁵⁰ Le Bulletin Universitaire est noté B.U. dans les notes qui suivent.

⁵¹ Ces deux bulletins sont notés B.A. dans les notes qui suivent.

⁵² Indiqués en notes sous les abréviations : BOMEN, BOEN ou BO.

⁵³ Citons par exemple, parce qu'ils correspondaient à un choix de communication marquée en direction des parents d'élèves : Ministère de l'Education Nationale. 1985. Collèges : programmes et instructions. Paris : CNDP/MEN/Livre de Poche. et Ministère de l'Education Nationale. 1986. Les lycées demain. Paris : CNDP/MEN/Livre de Poche. Ces ouvrages faisaient suite à un ouvrage du ministre de l'éducation nationale de l'époque : Chevènement, J.-P. 1985. Apprendre pour entreprendre. Paris : Librairie générale française.

L'augmentation massive des textes au cours des années traduit non seulement une réglementation plus poussée, mais aussi un souci plus grand de communiquer ces informations et de justifier des choix, des orientations, face à une opinion publique dont le regard critique se tourne avec insistance vers l'enseignement.

Le peu de textes, et leur peu de suivi amenait à s'interroger sur la pertinence de leur étude pour le début du XIX^e siècle. La foison de textes de cette fin de XX^e siècle ne doit pas donner l'illusion d'un savoir enseigné parfaitement codifié par les textes sur les savoirs à enseigner. On pourrait même avancer que si les textes sont de plus en plus détaillés, c'est parce que l'enseignement tend toujours à leur échapper. Combien de fois avons-nous entendu ou dit : « on ne peut pas suivre le programme, on ne finira pas le programme, ce programme ne peut pas s'appliquer à mes élèves, voire, moi je ne connais rien à cette partie, ça va être vite fait... » Enfin, avant même de commencer cette étude, signalons que certaines parties des programmes, certains thèmes, certaines notions font plus souvent partie des « non-faits » que d'autres, et qu'il suffit d'enseigner quelques années pour s'apercevoir que la géologie n'est pas épargnée loin de là !⁵⁴

Quel regard allons-nous porter sur ces textes ?

1.3. Histoire ou regard historique ?

La didactique doit emprunter à l'histoire des sciences pour éclairer sa réflexion chaque fois que cela est nécessaire. Lorsque cette histoire n'est pas encore écrite, il faut se garder du travers d'écrire une histoire superficielle par manque de méthode ou de matériaux.⁵⁵ Mais, il ne faut pas s'interdire non plus de puiser aux textes originaux (écrits d'auteurs ou textes officiels) les éléments nécessaires à la compréhension d'une démarche, d'un obstacle épistémologique, ou à la constitution d'un savoir à enseigner, pour citer seulement quelques exemples.

Dans le cas qui nous intéresse ici, l'histoire de l'enseignement de la géologie⁵⁶ reste à écrire. C'est un travail d'ampleur, à l'intersection de l'histoire de la géologie⁵⁷, de l'histoire de l'enseignement⁵⁸, mais aussi de celle des hommes qui ont fait l'une et l'autre. On ne peut prétendre écrire une histoire de cet enseignement sans s'imposer, par définition, un travail de recontextualisation des faits.

Il ne s'agit pas de défendre un cloisonnement des disciplines⁵⁹ qui nous priverait de la richesse des champs de recouvrement (pensons en géologie à l'émergence de la théorie de la tectonique des plaques par explorations des interfaces entre domaines longtemps cloisonnés), bien au contraire. Il s'agit de reconnaître la pertinence des outils de recherche de chacun ainsi que leur

⁵⁴ Marc TARDY, président du groupe technique disciplinaire des sciences de la Terre et de l'Univers estime qu'au début des années 90 en lycée, la partie géologie n'est enseignée que dans 30% des cas. Propos rapportés par CHEVALIER, G. 1992. Une révolution dans la conception des programmes, *In*. Sciences à l'école : les raisons du malaise. *Sciences et Vie*, hors série, N°180, septembre 1992, p.144.

⁵⁵ Les approches en histoire des sciences sont diverses, elles sont le fait aussi bien d'historiens, de philosophes que de scientifiques. Les méthodes des uns ne sont pas nécessairement celles des autres. On lira avec intérêt la position d'un historien, RUSSO, F. 1989. Nature et méthode de l'histoire des sciences. Paris : Librairie scientifique et technique Albert Blanchard, 503 p.

⁵⁶ Signalons l'article de GOHAU, G. 1974. Programmes et manuels de géologie dans l'enseignement secondaire (1833-1882). *Histoire et Nature*, N°2, pp. 73-85.

⁵⁷ Signalons pour une approche globale : ELLENBERGER, F. 1988. Histoire de la géologie. T1. Paris : Tec et Doc. 352 p. ; ELLENBERGER, F. 1994. Histoire de la géologie. T2. Paris : Tec et Doc. 381 p. ; GOHAU, G. 1990. Une histoire de la géologie. 2^e éd., Paris : Seuil, 277 p. ; GOHAU, G. 1990. Les sciences de la Terre au XVII^e et XVIII^e siècles, naissance de la géologie. Paris : Albin Michel, 420 p. ; TATON, R. 1995. La science contemporaine, T. 1 : Le XIX^e siècle. Paris : Quadrige/PUF, 757 p.

⁵⁸ Signalons l'oeuvre synthétique de PARIAS, L.-H. 1981. Histoire générale de l'enseignement et de l'éducation en France. sous la dir. de L.-H. Parias. 4 vol. Paris : Nouvelle librairie de France.

⁵⁹ Signalons sur la constitution des disciplines scolaires, CHERVEL, A. 1988. L'histoire des disciplines scolaires, réflexions sur un domaine de recherche. *Histoire de l'Education*, N°38, mai 1988, pp. 59-119.

rôle dans la validation des savoirs. Si la didactique n'est pas cloisonnée, si elle emprunte aussi bien aux disciplines enseignées qu'à l'histoire des sciences, l'épistémologie, la psychologie ou la sociologie pour n'en citer que quelques-unes, elle ne prétend se substituer à aucune. On a par exemple longtemps dit et écrit que l'écologie était une science de synthèse (voire la synthèse), qu'elle regroupait aussi bien la géologie, la physiologie, l'éthologie, l'économie... alors qu'elle emprunte à chacun de ces domaines. Il en est de même pour la didactique. La didactique se réserve ensuite le droit de traiter ces emprunts à sa manière.

S'il ne s'agit pas d'écrire ici une histoire de l'enseignement de la carte géologique, de quoi s'agit-il ? D'une étude chronologique ? Pour être telle il faudrait qu'elle soit parfaitement linéaire, ce qui nous priverait des retours et projections susceptibles d'éclairer notre analyse didactique. L'objet de notre étude consiste au travers des textes et des programmes officiels à mettre en évidence les étapes historiques du développement de l'enseignement de la carte et les caractéristiques de celui-ci.

Cet enseignement doit être replacé dans l'enseignement de la géologie, lui-même partie de l'enseignement de l'histoire naturelle (devenue sciences naturelles et aujourd'hui sciences de la vie et de la Terre), elle-même issue d'un enseignement dit de sciences physiques, seconde branche de l'enseignement des sciences introduit par la Révolution. Longue généalogie faite de mariages, de divorces et d'enfants cachés, pour aboutir à l'enseignement actuel des sciences de la Terre. Longue généalogie que nous allons suivre dans un premier temps pour replacer l'enseignement de la carte géologique dans un contexte plus large, celui de l'enseignement des sciences et de l'histoire naturelle. Nous pourrons alors dans un deuxième temps suivre l'évolution de ses contenus et objectifs à travers les très nombreuses réformes qui se sont succédées jusqu'à aujourd'hui.

Notre étude se découpe ainsi en grandes étapes historiques :

1. l'introduction de l'enseignement des sciences et l'individualisation de l'histoire naturelle ;
2. la constitution d'un enseignement de géologie et les premières références faites aux cartes géologiques ;
3. l'évolution didactique de l'utilisation de la carte géologique.

Le bilan que nous pourrons alors établir nous permettra de caractériser la réalité de cet enseignement (quel contenu, quelle utilisation, pour quel public avec quelles justifications...?) et nous servira de référent pour l'étude critique des manuels scolaires de ces différentes périodes. La discussion sur la pertinence de ces textes et de ces programmes, sur la pertinence des travaux effectués avec la carte, n'interviendra par contre que lors du bilan général, une fois les différents aspects du problème abordés.

2. Etapes historiques

2.1. L'introduction de l'enseignement des sciences

2.1.1. L'enseignement secondaire né de la Révolution

La loi sur l'organisation de l'instruction publique⁶⁰ du 25 octobre 1795 (3 brumaire de l'an IV) établit la création d'une **école centrale**⁶¹ dans chaque département de la République. Pour la

⁶⁰ Loi sur l'organisation de l'instruction publique, 3 brumaire an IV (25 octobre 1795), *Recueil des lois et règlements sur l'instruction supérieure de Beauchamp*, 1880, tome 1, pp.36-37. et Décret portant l'établissement d'écoles centrales dans toute la République, 7 ventôse an III (25 février 1795), *R.L.R.*, tome 5, pp. 37-41.

⁶¹ Voir pour plus d'informations, DURIS, P. 1996. L'enseignement de l'Histoire naturelle dans les écoles centrales (1795-1802). *Rev. Hist. Sci.*, 49/1, pp. 23-52. et, DHOMBRES, N. et DHOMBRES, J. 1989. Naissance d'un

première fois une place, et de taille respectable, est accordée à l'enseignement scientifique. Jusqu'à cette date, l'école se réduisait à l'enseignement de la grammaire latine.

L'enseignement des écoles centrales est divisé en trois sections : les élèves ne sont admis en première section qu'après l'âge de douze ans, en seconde section qu'à l'âge de quatorze ans accomplis et au cours de la troisième section, qu'à l'âge de seize ans au moins. Les cours de la première section sont assurés par quatre professeurs, dont **un professeur d'histoire naturelle**. Chaque école centrale doit posséder une bibliothèque publique, un jardin et un **cabinet d'histoire naturelle** et un cabinet de chimie et de physique expérimentales.

Aucun programme ne précise le contenu des cours et les cabinets d'histoire naturelle n'ont guère vu le jour. Nous pouvons supposer que l'histoire naturelle, dans l'esprit du législateur de l'époque, regroupait quelques notions sur les « choses de la nature », c'est à dire la zoologie et la botanique. La minéralogie est alors une science distincte de l'histoire naturelle, et la géologie, en est à ses balbutiements.

Les écoles centrales viennent remplacer les collèges de l'Ancien Régime.

2.1.2. Les lycées napoléoniens : introduction d'un enseignement de minéralogie

Sous le Consulat, les écoles centrales sont supprimées⁶², mais les communes sont appelées à établir et entretenir des écoles secondaires. L'enseignement y est semblable à celui des collèges de l'Ancien Régime : latin, français, les premiers principes de géographie, de l'histoire et des mathématiques. A la veille de la Révolution, la France comprenait près de 562 collèges (de valeur très inégale). La mise en place des écoles centrales (110) a abouti à une brutale déscolarisation (chute de 75 % des effectifs scolarisés)⁶³. Parallèlement des lycées sont créés dans chaque arrondissement de tribunal d'appel : ils sont ouverts et entretenus par l'Etat. Ils recrutent parmi les fils de militaires et de fonctionnaires qui ont bien servi la République. Ceux-ci deviendront ses futurs cadres administratifs et militaires. L'enseignement secondaire comprend dès lors deux types d'établissements scolarisant des enfants de mêmes âges : **les collèges et les lycées**.

Les cours des lycées rompent avec ceux des écoles centrales. Il s'agit de cours successifs et gradués (comme dans l'Ancien Régime) et non plus de conférences libres. En apparence les mathématiques font jeu égal avec le latin, avec 6 classes d'un semestre chacune (l'enseignement comprend six années d'étude). Il faut entendre par « mathématiques », sciences au sens large, c'est à dire également physique, chimie, histoire naturelle et minéralogie. Dans la sixième classe de mathématiques sont données les premières notions d'histoire naturelle, et dans la première classe, les **notions de minéralogie** nécessaires « pour connaître les minéraux sous le rapport de leur utilité dans les arts et dans les usages de la vie.»

L'ensemble des établissements scolaires publics sont réunis pour former un corps chargé exclusivement de l'enseignement et de l'éducation publique dans tout l'Empire, c'est la fondation de **l'Université impériale**⁶⁴ : la notion de corps enseignant remonte à cette date. « L'Université est,

nouveau pouvoir : sciences et savants en France, 1793-1824. Paris : Bibliothèque historique Payot, 938 p.

⁶² Loi générale sur l'instruction publique du 11 floréal an X (1 mai 1802), *RLR de Beauchamp*, 1880, tome 1, pp. 82-83.

⁶³ LELIEVRE, C. 1990. Histoire des institutions scolaires (1789-1989). Paris : Nathan.

⁶⁴ Décret impérial portant organisation de l'Université, 17 mars 1808, *RLR de Beauchamp*, 1880, tome 1, pp.171-188.
« Art. 4 : L'Université impériale sera composée d'autant d'Académies qu'il y a de cours d'appel ; Art. 5 : Les écoles (...) seront placées dans l'ordre suivant : 1) Les Facultés pour les sciences approfondies et la collation des grades ; 2) Les Lycées, pour les langues anciennes, l'histoire, la rhétorique, la logique et les éléments des sciences mathématiques et physiques ; 3) Les Collèges, Ecoles secondaires communales, pour les éléments des langues anciennes et les premiers principes de l'histoire des sciences ; 4) Les Institutions, écoles tenues par des instituteurs particuliers, où l'enseignement se rapproche de celui des Collèges ; 5) Les pensions, pensionnats appartenant à des maîtres particuliers, et consacrés à des études moins fortes que celles des institutions ; 6) Les petites écoles, Ecoles

plus qu'une administration, une corporation laïque, presque une congrégation »⁶⁵. Le Grand-maître qui la dirige partage ses pouvoirs avec le conseil de l'Université. Du recrutement des enseignants jusqu'aux retraites, les carrières sont réglées.

Tableau 3 : Plan d'étude des lycées en 1802 (d'après Nicole HULIN-JUNG, 1989)

1 ^{re} année	Latin (6 ^e et 5 ^e classe) avec éléments de mathématiques
2 ^e année	Latin (4 ^e et 3 ^e classe), Mathématiques (6 ^e et 5 ^e classe) : <i>comprend les premières notions d'histoire naturelle</i>
3 ^e année	Latin (1 ^{re} et 2 ^e classe), Mathématiques (4 ^e et 3 ^e classe)
4 ^e année	Belles lettres latines et françaises, Mathématiques (1 ^{re} et 2 ^e classe) : <i>comprend des notions de minéralogie</i>
5 ^e année	Belles lettres latines et françaises, Mathématiques transcendantes
6 ^e année	Mathématiques transcendantes

Il n'existe toujours pas à cette époque de programmes pour ces enseignements, mais les ouvrages autorisés par l'Assemblée nous renseignent sur leur contenu⁶⁶. En histoire naturelle, est autorisé le *Traité élémentaire d'histoire naturelle* de Duméril⁶⁷, et en **minéralogie**, le *Traité élémentaire de minéralogie avec des applications aux arts* d'Alexandre Brongniart⁶⁸. La page de garde du traité de Brongniart précise : « ouvrage destiné à l'enseignement dans les lycées nationaux » ; il peut être considéré, avec une certaine mesure, comme le premier manuel scolaire de « géologie ». D'après l'intitulé, il s'agit d'un ouvrage de minéralogie. Son contenu est effectivement essentiellement consacré à la classification des minéraux et à la présentation de leurs propriétés physiques et chimiques. Il comprend cependant des éléments sur l'origine de ces minéraux, sur leur combinaison pour former des roches et sur la nature des terrains qui les renferment. « Elle [la houille] se trouve principalement dans les terrains de schistes, et peut être dans ceux de trapp ; on ne l'a jamais vu dans les terrains calcaires ; elle renferme quelques fois des débris d'animaux marins ».

L'ouvrage de Duméril, composé sur la demande du gouvernement, traite à la fois des « corps bruts » et des « corps organisés », c'est à dire des minéraux et des êtres vivants⁶⁹. Il constitue une introduction à une histoire naturelle faite de collections d'objets et ayant pour objectif leur classification. C'est une réécriture simplifiée de l'enseignement et des recherches du Muséum National d'Histoire Naturelle auxquels collabore Duméril.

Le **baccalauréat ès sciences** est institué en même temps que le baccalauréat ès lettres par le décret impérial du 17 mars 1808. Ce grade ne peut être obtenu qu'après celui de bachelier ès lettres et ne constitue donc qu'un complément ; les épreuves portent uniquement sur les mathématiques. Il n'est exigé que pour devenir soit professeur, agrégé ou régent de sciences, soit chef d'institution. Sous l'apparence d'un équilibre entre l'enseignement du latin et des sciences, les sciences restent

⁶⁹ L'ouvrage est dédié à G. Cuvier, qui retenu pour le rédiger, en a chargé Duméril, l'un de ses élèves et collaborateurs ; il avait déjà rédigé pour lui les « leçons d'anatomie comparée ». On peut y lire dès l'introduction une justification du but de l'histoire naturelle : « L'Histoire naturelle est la connaissance des objets existants sur la terre qui peuvent frapper nos sens, et que nous appelons des corps. L'Histoire naturelle est une division de la Philosophie naturelle ou de la science de la nature, qui comprend plusieurs autres parties ; telles sont la physique (...), la chimie (...), la physiologie (...), et l'astronomie. » La nature peut être divisée en « corps bruts ou inorganiques et en corps vivans ou organisés ».

subordonnées aux études classiques latines.

Le nouveau plan d'études des lycées⁷⁰ de 1809, reprend en grande partie celui des collèges royaux d'avant la Révolution. Les classes redeviennent annuelles et sont étalées sur six années après l'instruction primaire : 5^e et 4^e (classes de grammaire), 3^e et 2^e (classes d'humanités), Rhétorique et une 6^e année. Cette dernière année est consacrée soit à la philosophie (uniquement dans les lycées chefs-lieux d'académie) soit à des mathématiques spéciales auxquelles s'ajoutent des leçons de physique, de chimie et d'histoire naturelle. On peut en quelque sorte parler d'une « bifurcation ».

L'histoire naturelle est enseignée, dorénavant, par un professeur de sciences physiques⁷¹, à raison de deux leçons de deux heures par semaine. Ces leçons ont pour but de faire connaître aux élèves «les substances les plus utiles ou les plus curieuses de la nature. » Cette désignation laisse entendre qu'il s'agit surtout de minéralogie. C'est un enseignement à partir de collections qui sont présentées et commentées aux élèves. Les ouvrages officiels préconisés pour cet enseignement sont toujours le *Traité élémentaire d'histoire naturelle* de Constant Duméril, *Le tableau élémentaire de l'histoire des animaux*, de Georges Cuvier⁷², et le *Genera plantarum*, d'Antoine-Laurent de Jussieu⁷³. L'arrêté ajoute, «le professeur pourra faire lire et extraire les ouvrages plus considérables de Linnaeus (Linné), Buffon, Lacépède, Pallas, Haüy, etc.».

Après une reconnaissance des mathématiques, c'est une reconnaissance des sciences physiques qui s'opère, avec l'apparition de professeurs spécialisés. Le terme de sciences physiques regroupe alors la physique proprement dite, la chimie et l'histoire naturelle.

Sous le Consulat, puis sous l'Empire, l'enseignement de l'histoire naturelle bégaye et ne se démarque pas de la présentation des collections de zoologie, de botanique et de minéralogie. Cet enseignement n'a pas de rôle formateur. L'enseignement dispensé dans le secondaire cherche avant tout à démarquer une élite de la masse, et pour cela la pratique du latin et des textes anciens suffit largement.

2.1.3. Les collèges royaux de la restauration

A la Restauration (1814-1830), l'enseignement scientifique recule : les mathématiques ne sont enseignées qu'à partir de la 2^e et les sciences physiques à partir de la 3^e (en cours commun avec la 2^e et la Rhétorique). L'enseignement s'étale sur sept années, avec l'incorporation de la classe de 6^e. Les horaires sont réduits. C'est le retour à l'enseignement de l'Ancien Régime avec la suprématie des langues anciennes et l'importance des rédactions. Les lycées sont même rebaptisés «**collèges royaux**». Le règlement des études des lycées et des collèges⁷⁴ de 1814, qui restera en application dans les collèges royaux jusqu'en 1821, place l'enseignement des «principaux objets de l'histoire naturelle» dans le cours de physique commun aux classes de 3^e, 2^e et rhétorique : «le professeur (...) traitera, une année, des animaux et des végétaux ; une année, des **minéraux** et de la chimie ; une année, de la physique expérimentale ». Aux ouvrages de MM. Duméril, Cuvier et Jussieu, le règlement ajoute, la *Théorie élémentaire de botanique* de M. de Candolle⁷⁵, les *Eléments de physiologie végétale* de M. de Mirbel⁷⁶ et la *Minéralogie* de Haüy⁷⁷ ou de Brongniart⁷⁸.

En 1819, la commission de l'instruction publique décide de relever le niveau des sciences

⁷⁰ Arrêté du 19 septembre 1809 réglementant l'enseignement dans les lycées, RLR, tome 5, pp. 28-41.

⁷¹ Les programmes d'enseignement d'histoire naturelle sont alors intégrés dans les programmes de Sciences physiques.

⁷² CUVIER, G. 1795. *Tableau élémentaire de l'histoire naturelle des animaux*. Paris : Baudouin, an VI(1795).

⁷³ JUSSIEU, A.-L. (de). 1789. *Genera plantarum secundum ordines naturales disposita*. Paris.

⁷⁴ Statut portant règlement sur la discipline et les études des lycées et des collèges, RLR, tome 5, pp. 515-517.

⁷⁵ CANDOL, A. P. (de). 1813. *Théorie élémentaire de botanique ou Exposition des principes de la classification naturelle et de l'art d'écrire et d'étudier les végétaux*. Paris : Deterville.

⁷⁶ MIRBEL, C. F. (Brisseau de). 1815. *Eléments de physiologie végétale et de botanique*. Paris : Marginel, 3 vol.

⁷⁷ HAUY, R.-J. 1801. *Traité de minéralogie*. Paris. 4 vol.

⁷⁸ BRONGNIART, A. 1807. *Traité élémentaire de minéralogie avec application aux arts*. Paris : Deterville, 2 vol.

physiques dans les collèges royaux et produit une circulaire⁷⁹ qui cherche à préciser le contenu de cet enseignement. On a là une ébauche de programme⁸⁰ et de progression, qui va plus loin que les simples directions générales jusque là indiquées. Elle est signée par Georges Cuvier qui assure alors les fonctions de président de la Commission. L'enseignement de la zoologie et de la botanique (en première année) se préoccupe essentiellement de classification et d'anatomie descriptive. L'enseignement de **minéralogie** (en deuxième année), outre l'étude des propriétés physiques et chimiques des cristaux et leur classification, comprend une **étude des roches** et de leurs caractères, ainsi qu'une étude «de la disposition relative des minéraux et des différentes espèces de roches dans la structure de la terre». Si on ajoute également qu'elle aborde l'étude des minéraux les plus utiles et de leur extraction, on peut considérer ce programme comme annonçant un enseignement de géologie.

La création de cabinets de physique et de chimie, préconisée lors de l'institution des écoles centrales de la Révolution, puis, délaissée par les lycées napoléoniens, est prescrite à son tour par le Conseil royal de l'instruction soucieux de développer l'enseignement des sciences physiques. La circulaire relative au catalogue des instruments de physique⁸¹ qui doivent composer les cabinets des collèges royaux, puis celle concernant l'équipement des laboratoires de chimie⁸², ne contiennent pas le moindre objet de collection de botanique, de zoologie ou de minéralogie. Les cours d'histoire naturelle sont pourtant intégrés aux cours de physique. L'arrêté de 1821 sur les nouveaux programmes des collèges royaux indique de joindre, «autant qu'il est possible», au cabinet de physique et au laboratoire de chimie, une collection élémentaire d'objets d'histoire naturelle. Ces collections, lorsqu'elles existent dans les collèges, sont constituées essentiellement par les échantillons rapportés des excursions dans la campagne. L'enseignement reste donc encore très livresque bien qu'appuyé sur les collections.

L'ordonnance royale du 5 juillet 1820⁸³, en exigeant le baccalauréat ès sciences pour l'inscription dans les facultés de médecine à compter du 1^{er} janvier 1823, crée également deux options : une option mathématiques, identique à l'ancien baccalauréat ès sciences et une option physique⁸⁴ comprenant des questions en zoologie, en botanique et en **minéralogie**⁸⁵. Le programme de minéralogie porte uniquement sur les propriétés physiques et chimiques des espèces minérales et sur leur classification ; la géologie n'est pas encore installée.

Le retour à la pédagogie de l'Ancien Régime s'accroît avec le nouveau statut⁸⁶ des collèges royaux et communaux de 1821. L'enseignement dans les collèges royaux se divise en trois parties distinctes : l'enseignement élémentaire, l'enseignement des lettres (de la 6^e à la Rhétorique) et l'enseignement des sciences (1^{re} et 2^e année des classes de philosophie). Les premières notions de

⁷⁹ Circulaire relative aux programmes des cours de sciences physiques pour les collèges royaux, *RLR*, 1822, tome 6, pp. 288-289.

⁸⁰ La circulaire ajoute : « Nul doute que, pour les développemens de chaque partie de la science, les professeurs ne puissent s'aider de tous les écrits estimés qui en ont traité séparément. Mais ils trouveront les secours les plus abondans et les plus dignes de confiance dans les ouvrages qui ont été publiés depuis peu par MM. Biot et Thénard, ouvrages qui ont l'avantage de présenter la science, pour l'ensemble comme pour les détails, dans l'état où l'ont fait parvenir les derniers travaux des savans ». Il doit s'agir des ouvrages de : BIOT, J.-B. 1816. *Traité de physique expérimentale et mathématiques*. Paris : Deterville, 4 vol. ; THENARD, L.-J. 1813. *Traité de chimie élémentaire, théorique et pratique*. Paris : Crochard, 4 vol. (1816). Ces ouvrages ne traitent pas de l'histoire naturelle.

⁸¹ Circulaire relative au catalogue des instruments de physique qui doivent composer les cabinets des collèges royaux, 16 janvier 1821, *RLR*, 1824, tome 7, p. 33.

⁸² Circulaire annonçant l'envoi aux recteurs de l'état des objets dont les collèges royaux peuvent proposer l'acquisition pour leurs laboratoires de chimie, 29 août 1821, *RLR*, 1824, tome 7, pp. 88-90.

⁸³ Ordonnance du roi concernant les Facultés et spécialement celles de droit et de médecine, du 5 juillet 1820, *RLR*, 1822, tome 6, pp. 352-359.

⁸⁴ Sciences physiques et sciences naturelles ne sont désignées séparément qu'après 1852.

⁸⁵ Programme de zoologie rédigé par Henry-Marie Ducrotay de Blainville, professeur d'anatomie et de zoologie à la Faculté des sciences de Paris ; Programme de botanique rédigé par René Louiche Desfontaines, professeur de botanique à la Faculté des sciences de Paris ; Programme de minéralogie rédigé par René-Just Haüy, professeur de minéralogie à la Faculté des sciences de Paris.

⁸⁶ Statut concernant les collèges royaux et communaux, arrêté du 4 septembre 1821, *RLR*, 1824, tome 7, pp. 91-138. Surtout pp. 115-138.

sciences naturelles sont données en classe de 4^e, puis en classe de 3^e. L'enseignement des sciences en classe de philosophie ne comprend pas d'histoire naturelle : « il comprend la philosophie, les mathématiques et les sciences physiques ». Les collèges communaux présentent un programme moins strict. Celui-ci est fonction des possibilités locales.

Ces programmes sont modifiés dès 1826⁸⁷ devant les connaissances jugées insuffisantes de nombre d'élèves quittant le collège. Les mathématiques semblent alors être reconnues comme élément nécessaire du savoir de l'élève : l'histoire naturelle n'est en revanche qu'un « accessoire », comme le dira plus tard Victor Cousin. Un cours de mathématiques est rétabli en classe de 2^e et de Rhétorique. En contre partie, la leçon d'histoire naturelle est limitée dorénavant à la classe de 3^e. Les **éléments de minéralogie** sont enseignés au deuxième semestre de la deuxième année de philosophie. Le programme de l'enseignement de physique n'est publié qu'en 1828⁸⁸ : il mêle la physique, la chimie et la minéralogie. Aucun aspect « géologique » n'est abordé.

L'ordonnance royale du 26 mars 1829 autorise l'établissement de **cours spéciaux** dans les collèges communaux, institutions ou pensions particulières, pour répondre au besoin d'une formation plus spécifique des élèves se destinant aux professions commerciales, agricoles, industrielles et manufacturières. Ces cours durent deux années. Ils se caractérisent par un enseignement réformé des sciences, par un enseignement des langues modernes, de la théorie du commerce et du dessin. Les élèves qui suivent ces cours sont dispensés de suivre les classes des collèges royaux ou municipaux.

Cet enseignement en marge de l'enseignement secondaire classique a un tout autre objectif. L'enseignement secondaire classique structuré sous le Consulat et l'Empire est destinée à une élite. Son contenu ne cherche pas à apporter des connaissances pour la pratique d'un métier donné, il cherche à apporter une culture qui puisse distinguer une minorité détentrice des pouvoirs politiques et économiques, d'une masse d'employés, d'ouvriers, d'artisans. Ces cours spéciaux, en revanche cherchent à préparer des élèves aux activités auxquelles ils sont destinés (et auxquelles les destinent leur milieu social). Ils ne préparent pas au baccalauréat.

2.2. L'introduction de l'enseignement de la géologie

2.2.1. Une fausse entrée en scène durant la Monarchie de Juillet (1830-1848)

Le programme de 1830 maintient la suprématie des lettres classiques dans l'enseignement des collèges royaux, avec seulement en 3^e, une classe d'arithmétique et une classe (deux heures par semaine) consacrée à l'histoire naturelle des plantes et des animaux⁸⁹. **La minéralogie** se maintient en deuxième année de philosophie.

L'enseignement de l'histoire naturelle est toujours le parent pauvre de l'enseignement des sciences. Quelques mesures sont prises à la fin de la restauration pour favoriser le développement de cet enseignement : prix de fin d'année institué en 1829⁹⁰, préparation d'un programme en juin 1830, mais qui ne voit le jour qu'en décembre 1831⁹¹ mais aucun véritable enseignement n'est encore

⁸⁷ Arrêté relatif à l'enseignement des sciences mathématiques et physiques et de l'histoire dans les collèges royaux..., 16 septembre 1826, *RLR*, 1828, tome 8, pp.80-85.

⁸⁸ Arrêté déterminant les programmes des cours des sciences physiques pour les élèves des deux années de philosophie, 1 avril 1828, *BU*, tome 1, pp. 7-21. « La chimie, la physique, la minéralogie, comprises en général sous le nom de sciences physiques, sont l'objet d'un cours qui doit être fait pendant les deux années de philosophie ».

⁸⁹ BELHOSTE, B. 1995. Les sciences dans l'enseignement français : textes officiels. tome 1, 1789-1914. Paris : INRP/Economica. L'auteur signale qu'une classe d'histoire naturelle était également assurée en 4^e dans les collèges de Paris et de Versailles (arrêté du 17 octobre 1830).

⁹⁰ Décision du 19 mai 1829, sur proposition de Frédéric Cuvier, *BU*, tome 1, p.247.

⁹¹ Arrêté du 18 juin 1830, invitant les fonctionnaires chargés des leçons d'histoire naturelle pour les élèves de 3^e des collèges royaux et particuliers de Paris et de Versailles à se réunir sous la présidence de Frédéric Cuvier (frère de Georges Cuvier), inspecteur général adjoint des études, pour rédiger un programme, Archives nationale, AJ¹⁶ 51 ;

assuré. « Considéré comme compris dans l'enseignement des sciences physiques, ce cours est confié en réalité, au moins dans les collèges de Paris, à des chargés de cours titulaire du doctorat en médecine⁹². »

Le 3 septembre 1833⁹³, est adopté, par le Conseil royal de l'instruction publique, un programme de sciences naturelles pour les classes de 4^e et de 3^e : innovation majeure, celui-ci renferme en classe de 3^e un **enseignement de géologie** [mais le terme n'est pas encore employé]:

28^{ème} leçon : *Notions générales sur la structure de l'écorce du globe. Mode de formation des terrains. Cristallisation.*

29^{ème} leçon : *Classification des terrains. Mines. Sources.*

30^{ème} leçon : *Volcans. Tremblement de terre, etc.*

31^{ème} leçon : *Fossiles animaux. Fossiles végétaux. Tourbe. Houille.*

32^{ème} leçon : *Résumé sur la révolution du globe.*

Ce programme ne sera jamais appliqué. Il sera abrogé par l'arrêté du 5 novembre 1833⁹⁴, suite à une modification du règlement⁹⁵ des études, qui reporte en classes de 6^e et de 5^e le cours d'histoire naturelle à compter de la rentrée de 1833. Le programme pour la classe de 6^e comprend des notions générales de zoologie (classification), d'anatomie, de physiologie (la nutrition occupe 5 leçons) et 29 leçons de zoologie descriptive, selon «la méthode de M. G. Cuvier». Il correspond au programme prévu le 3 septembre 1833 pour la classe de 4^e. Le programme de 5^e, qui devait reprendre la géologie prévue en 3^e, n'est jamais paru : l'enseignement de la géologie était déjà enterré avant d'avoir vu le jour.

Le baccalauréat ès sciences, qui n'était plus exigé des étudiants en médecine depuis 1831⁹⁶, l'est de nouveau à compter du 1er novembre 1837⁹⁷. Par la même occasion le programme du baccalauréat est précisé⁹⁸. Les candidats au baccalauréat ès sciences physiques, pourront être interrogés en mathématiques, physique, chimie et histoire naturelle. Le programme d'histoire naturelle comprend de la zoologie, de l'anatomie, de la physiologie végétale et de la botanique, de la **minéralogie** et de la **géologie** [le terme est écrit dans les textes]. Le programme de géologie, qui indique la liste des questions possibles, porte sur la connaissance des roches et sur la formation et la connaissance des terrains contenant les roches et minerais d'intérêt économique.

Parallèlement à l'enseignement secondaire, Guizot incite les communes dès 1833 à ouvrir des **écoles primaires supérieures**⁹⁹. Ces écoles sont destinées à scolariser des élèves au-delà de

Circulaire du 5 décembre 1831 transmettant le programme d'un cours de zoologie pour les élèves de 3^e, *Circulaires et instructions officielles relatives à l'instruction publique*, tome 2, pp. 55-57.

⁹² Lettre du 28 octobre 1833 des enseignants d'histoire naturelle des collèges royaux au ministre de l'Instruction publique, réclamant la création de chaires d'histoire naturelle et la réponse du ministre du 26 novembre 1833, déclarant la mesure réglementairement et budgétairement impossible, AN. F¹⁷ 6894, cité par Bruno Belhoste (1995).

⁹³ Programme de l'enseignement de l'histoire naturelle dans les collèges royaux, arrêté du 3 septembre 1833, *BU*, tome 3, pp. 342-353.

⁹⁴ Programme de l'enseignement de l'histoire naturelle dans les Collèges (première année), arrêté du 5 novembre 1833, *BU*, tome 3, pp. 389-396.

⁹⁵ Arrêté du 4 octobre 1833 relatif à la répartition des objets d'études et à l'ordre des classes dans les Collèges de Paris et de Versailles, *BU*, tome 3, pp.353-356.

⁹⁶ Ordonnance du 18 janvier 1831, *BU*, tome 2, p.220.

⁹⁷ Ordonnance du 9 août 1836, *BU*, tome 5, pp. 197-198.

⁹⁸ Arrêté du 10 novembre 1829 réglementant les matières sur lesquelles seront interrogés les aspirants aux grades de bachelier ès sciences mathématiques et de bachelier ès sciences physiques, avec, les programmes de physique, de chimie et d'histoire naturelle annexés, 3 février 1837, cité par PIOBETTA, J.-B. 1937. *Le Baccalauréat*. Paris : J.-B. Baillièrre et fils, pp.737-743.

⁹⁹ Loi Guizot du 28 juin 1833 relative à l'organisation de l'enseignement primaire. Il est fait obligation à chaque commune de France de créer une école primaire et à chaque préfecture d'ouvrir une école normale d'instituteurs. L'enseignement primaire est destiné à l'éducation du peuple, elle est une garantie de l'ordre et de la stabilité sociale.

l'enseignement élémentaire, mais en marge de l'enseignement secondaire. Guizot appuie les motifs de sa loi sur des arguments du rapport de Victor Cousin¹⁰⁰. Selon ce dernier, les classes élémentaires primaires suffisent aux classes inférieures de la société et les études classiques conviennent aux classes supérieures. Mais les « classes moyennes » ne peuvent se satisfaire de l'instruction élémentaire et il n'est pas bon d'envoyer leurs enfants dans les collèges sous peine de leur donner « des relations et des goûts qui leur rendent difficile ou presque impossible de rentrer dans l'humble carrière de leurs pères », et d'en faire « une race d'hommes inquiets, mécontents de leur position, des autres et d'eux-mêmes, ennemis d'un ordre social où ils ne se sentent point à leur place ».

Cet enseignement primaire supérieur va scolariser des enfants de même âge que ceux des premières classes du secondaire, mais avec des objectifs tout à fait différents. Il persiste jusqu'en 1941.

2.2.2. L'enseignement secondaire spécial (1847)

Avec le retour de Salvandy¹⁰¹ au ministère en février 1845, les études secondaires sont de nouveau réformées¹⁰² et le Conseil royal de l'instruction, défavorable à celles-ci, est réorganisé. Cette réforme, qui donne une place plus grande aux sciences, crée, parallèlement à l'enseignement littéraire, un « enseignement spécial » de trois années (à partir de la rentrée 1847-1848) après la classe de 4^e. Cet enseignement spécial comprend en deuxième et troisième année un enseignement d'histoire naturelle. Les élèves peuvent ensuite, selon leur réussite, poursuivre en mathématiques élémentaires ou en mathématiques supérieures. Cet enseignement spécial fait suite à l'expérience des cours spéciaux (1829) rattachés aux collèges, mais ne les fait pas disparaître. Cet enseignement est destiné « à cette classe assez nombreuse d'élèves qui, aspirant aux professions industrielles et commerciales, n'ont pas besoin d'achever leurs études classiques et doivent acquérir des connaissances pratiques dont ils trouveront plus tard l'application ».¹⁰³

Ce nouveau statut des collèges ne reprend que partiellement les conclusions du rapport¹⁰⁴ de Jean-Baptiste Dumas, qui proposait de substituer aux collèges royaux trois filières distinctes : 1) les collèges littéraires, chargés de préparer en 7 ans au baccalauréat ès lettres, 2) les collèges scientifiques chargés de préparer en 6 ans au baccalauréat ès sciences, 3) les écoles préparatoires réservées aux aspirants aux écoles spéciales (écoles de la marine ou de Saint-Cyr et école polytechnique).

Pour l'auteur, l'enseignement scientifique devrait être dispensé pendant toute la durée des études. « Il en est de l'enseignement des sciences comme de celui des lettres. De nombreux devoirs, de nombreux problèmes, une pratique continuelle, tel est le prix auquel il faut payer un enseignement scientifique solide, sérieux et convenable à la moyenne des intelligences. Dès lors, il faut le commencer dès la sixième et le poursuivre sans interruption pendant toute la durée des études ». La place réservée à l'histoire naturelle est toutefois limitée à l'année de philosophie. Remarquons que les textes parlent de **sciences naturelles** et non d'histoire naturelle.

¹⁰⁰ COUSIN, V. 1833. Sur l'instruction publique dans quelques pays d'Allemagne et particulièrement en Prusse. nouv. éd. Paris : Berger Levrault, p. 246. Cité par LELIEVRE, C. 1995.

¹⁰¹ Achille de Salvandy (1795-1856) a déjà été ministre de l'instruction publique d'avril 1837 à mars 1839, puis de février 1845 à février 1848.

¹⁰² Arrêté déterminant le statut sur l'enseignement des collèges, 5 mars 1847, *BU*, tome 16, pp. 45-48.

¹⁰³ Circulaire du 6 août 1847, *BU*, tome 16, p. 133.

¹⁰⁴ Rapport sur l'état actuel de l'enseignement scientifique dans les collèges, les écoles intermédiaires et les écoles primaires, *Journal général de l'Instruction publique*, 1847, tome 16, pp.403-417.

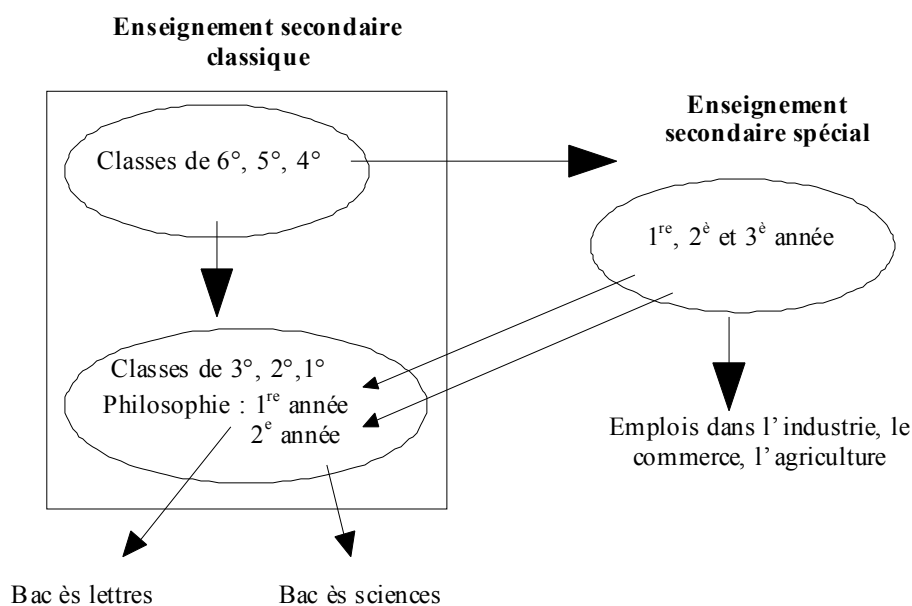


Figure 8 : Relations entre enseignement secondaire spécial et classique (1847)

Ce rapport préconisait de recruter également pour enseigner les sciences naturelles des hommes « qui auraient étudié la nature, ailleurs que dans des livres, qui se seraient exercés dans l'art d'observer et qui seraient bien réellement des naturalistes » et non comme de coutume des professeurs de physique. **L'enseignement de la minéralogie** doit par contre être assuré par un enseignant de physique : « les caractères des minéraux, sous le rapport de leur forme géométrique, de leur composition chimique, de leurs propriétés optiques, les rattachent aux études qu'un professeur de sciences physiques a dû faire et qu'il a intérêt à continuer ». **L'enseignement de la géologie**, « qui emprunte de larges secours à toutes les sciences » devrait dans l'idéal du rapport être confié à un professeur spécial, chargé en même temps de celui de la géographie physique. A défaut, la géologie sera enseignée par le professeur d'histoire naturelle en raison de la mise en oeuvre d'une même méthode. On voit que les discussions d'aujourd'hui, sur le partage des sciences de la Terre et de l'Univers entre nos champs disciplinaires habituels (géographie, géologie, physique), remontent à l'introduction de la géologie.

La grande particularité de cet enseignement des sciences est l'accent mis sur les aspects pratiques et appliqués : il faut observer et expérimenter.

Les sciences, parce qu'elles sont secondaires par rapport aux lettres, vont représenter l'essentiel de cet enseignement spécial, secondaire lui aussi par rapport à l'enseignement classique. L'intérêt intellectuel porté aux sciences n'est qu'apparence, il s'agit de former des élèves pour des emplois dans l'industrie, le commerce ou l'agriculture, c'est à dire pour des emplois, pour des situations, « secondaires » dans cette société. Les accessoires scientifiques sont mis en avant parce que secondaires pour l'esprit mais nécessaires pour la pratique.

L'enseignement spécial est mis en oeuvre dès la rentrée de 1847 pour la première année. Les

programmes des deux années suivantes sont fixés pour la rentrée 1848¹⁰⁵, mais dès l'été 1849¹⁰⁶, la Seconde République révisé ces programmes : la place de l'histoire naturelle est diminuée. Inscrite depuis 1840 au programme des questions orales du baccalauréat, l'histoire naturelle en est dorénavant absente¹⁰⁷.

En première année le cours d'histoire naturelle porte sur la physiologie et la zoologie. En deuxième année il comprend un enseignement de botanique, de physiologie végétale, des notions agricoles et un **enseignement de géologie**. On peut lire dans ce programme : le professeur « insistera, dans son cours, sur tous les faits consignés dans la carte géologique du département, qui devra faire la matière de quelques conférences spéciales ». Pour la première fois dans les textes officiels, **la carte géologique est citée comme objet d'étude**.

2.2.3. La bifurcation des études (1852)

Au lendemain du coup d'état du 2 décembre 1851, Hippolyte Fortoul devient ministre de l'instruction publique et cherche à réorganiser l'Université. Il modifie le Conseil supérieur de l'instruction publique (écarter Victor Cousin), augmente les pouvoirs de l'Inspection générale et élabore un nouveau plan d'études des lycées¹⁰⁸ qui doit renforcer l'enseignement public face à la concurrence des établissements libres.

Ce nouveau plan d'étude s'inspire fortement du projet de Jean-Baptiste Dumas¹⁰⁹. Il cherche, de plus, à intégrer tous les enseignements spéciaux qui s'étaient développés en marge des classes normales des lycées. L'enseignement comprendra désormais un enseignement commun à tous les élèves de lycées de la 6^e à la 4^e (division de grammaire) puis au-delà (division supérieure) il y aura deux filières (réforme dite de la bifurcation) : une filière littéraire et une filière scientifique de la 3^e à la classe de logique (*ex* classe de philosophie). Ces deux sections seront sanctionnées par le baccalauréat ès lettres d'une part et un baccalauréat ès sciences, d'autre part. L'inscription dans les facultés de médecine et de pharmacie et l'admission à la plupart des écoles spéciales ne pourra se faire qu'avec le baccalauréat ès sciences. La division de grammaire assure un enseignement de grammaire, de langues anciennes, d'histoire, de géographie et d'arithmétique. La division supérieure distingue la série scientifique de la série littéraire. L'année de logique est commune aux deux sections.

Cette réforme de la bifurcation accorde, pour la première fois, aux sciences une place égale à celle des lettres dans les lycées.

¹⁰⁵ Programme de l'enseignement spécial établi dans les collèges royaux (1^{ère} année), arrêté du 22 septembre 1847, *BU*, tome 16, pp. 181-192. ; Programme des trois années de l'enseignement spécial établi dans les Lycées et les Collèges, arrêté du 17 octobre 1848, *BU*, tome 17, pp. 303-340.

Il n'y a pas d'histoire naturelle en première année, mais l'enseignement de géographie physique renferme des connaissances de géologie : « Volcans et phénomènes analogues. Tremblements de terre (...) Distribution générale des masses minérales à la surface du globe, et position des minéraux les plus importants, soit à cette surface, soit dans les couches de l'écorce terrestre ». En deuxième année, l'histoire naturelle traite de physiologie animale et végétale et de notions agricoles ; en troisième année, elle traite de zoologie, de botanique et de géologie.

¹⁰⁶ Arrêté révisant les programmes des trois années de l'enseignement spécial établi dans les lycées et collèges de la République, 17 septembre 1849, *BU*, tome 18, pp.189-234. « L'enseignement de la physiologie et des sciences naturelles ne répondrait pas à la pensée de l'Université, si les professeurs ne prenaient pas soin de l'appuyer sans cesse sur des démonstrations effectuées à l'aide d'objets naturels conservés dans les collections de l'établissement, de dessins de grande dimension ou des modèles de M. Auzoux. On recommande aux professeurs (...) de réunir les collections locales les plus complètes, afin de familiariser leurs élèves avec la connaissance de toutes les ressources de la contrée. Les promenades des élèves (...) deviendront, par là, une occasion (...) de récolter des produits qui serviront à former ou à enrichir la collection destinée à l'enseignement ».

¹⁰⁷ Arrêté relatif au règlement pour le baccalauréat ès lettres et au programme de l'examen, 26 novembre 1849, *BU*, tome 18, pp.300-320.

¹⁰⁸ Décret et nouveau plan d'étude des lycées et des facultés, 10 avril 1852, *BA*, tome 3, pp. 53-63.

¹⁰⁹ HULIN-JUNG, N. 1989. L'organisation de l'enseignement des sciences. Paris : Editions du Comité des Travaux historiques et scientifiques, p.98.

La commission chargée de la préparation des nouveaux programmes de l'enseignement scientifique remet son rapport au ministre le 23 juillet 1852¹¹⁰ (Jean-Baptiste Dumas en est rapporteur). Il y aura dix classes par semaine, de deux heures chacune : cinq d'entre elles seront réservées aux lettres, les cinq autres aux sciences. Les cinq classes de lettres seront communes aux élèves des divisions littéraires et scientifiques (tronc commun). Tous les enseignements se découperont en trois temps : des notions préliminaires, l'enseignement proprement dit, et des révisions. Les études scientifiques de l'année de logique seront consacrées à des révisions du programme des trois années précédentes. Il est demandé aux professeurs de sciences «d'éviter les abstractions, de ne pas définir ce qui est connu, de ne pas démontrer ce qui est évident, de s'appuyer sur des notions naturelles pour commencer l'étude d'une science, de jalonner sa marche par des démonstrations matérielles souvent répétées, de s'assurer sans cesse non seulement que l'élève comprend, mais encore qu'il possède les vérités sur lesquelles chaque nouveau raisonnement est forcé de s'appuyer. »

Tableau 4 : Organisation des lycées (enseignement secondaire classique) après la réforme Fortoul (10 avril 1852) dite de la bifurcation

Division de grammaire	
Classe de 6^o Classe de 5^o Classe de 4^o	
Division supérieure	
Série littéraire	Série scientifique
Classe de 3^e Classe de 2^e Classe de 1^{re}	Classe de 3^e Classe de 2^e Classe de 1^{re}
Classe de logique sanctionnée par le baccalauréat ès lettres	<i>(10 leçons de géologie sur les différents terrains et les époques géologiques)</i> Classe de logique sanctionnée par le baccalauréat ès sciences

L'histoire naturelle trouve sa place dans l'année de rhétorique pour la partie théorique ; en troisième pour l'exposé des méthodes de classification. En Rhétorique, 17 leçons sont consacrées à l'étude des animaux, 11 à celle des plantes, **10 à la géologie**. Le programme s'attache « à la distinction des terrains qui composent la croûte du globe, à leur chronologie si merveilleusement retrouvée ». Les nouveaux programmes¹¹¹ entrent en vigueur dès la rentrée de 1852 en classe de 3^e. L'enseignement de géologie, assuré en Rhétorique, ne fait pas explicitement référence à la carte, mais étudie les terrains d'âge et de composition différentes. Ce type d'étude pourrait renvoyer à la carte.

Cet enseignement repose essentiellement « sur l'examen des objets naturels : minéraux, roches et corps organisés fossiles ». Il s'appuie, plus que par le passé, sur la représentation des phénomènes géologiques, de la disposition des couches « telle qu'on la voit dans les grands escarpements des Alpes ou de nos côtes maritimes ». Il s'intéresse à la répartition géographique de « certains terrains importants de notre sol ». Les textes ajoutent que les conférences en classes devront être remplacées, à la belle saison, par quelques excursions dans la campagne, « afin que les élèves puissent observer directement la constitution du sol qui les environne ».

Dans la foulée paraissent les nouveaux règlements et programmes¹¹² pour le baccalauréat ès lettres et le baccalauréat ès sciences : l'histoire naturelle des programmes de 3^e et de Rhétorique

¹¹⁰ Rapport de la commission mixte de préparation des programmes de l'enseignement scientifique, 23 juillet 1852, BA, tome 3, pp. 101-117.

¹¹¹ Plan d'étude des lycées publié le 30 août 1852, BA, tome 3, pp. 130-228.

¹¹² Règlements et programmes du baccalauréat ès lettres, le 5 septembre 1852, et ès sciences, le 7 septembre 1852. BA, tome 3, pp.243-297

donne lieu à une épreuve orale en section science.

A la mort de Fortoul, en juillet 1856, son successeur Gustave Rouland envisage une réforme du plan d'études. Il fait faire une enquête sur la bifurcation dans les lycées de Paris (rapport remis le 25 mai 1857 par l'inspecteur d'académie Benjamin Caresme) et soumet pour avis ce rapport à Jean-Baptiste Dumas, président du Conseil supérieur de l'instruction publique et inspirateur de la réforme de 1852. Celui-ci accepte que la bifurcation soit reportée à la classe de 2^e mais maintient sa nécessité. Le baccalauréat ès sciences est modifié. Il ne porte plus que sur les sciences physiques et naturelles (baccalauréat restreint). L'histoire naturelle donne lieu à une épreuve orale d'un quart d'heure : elle porte sur le programme de la classe de rhétorique¹¹³. Pourtant, malgré les apparences, la reconnaissance de l'histoire naturelle recule.

Gustave Rouland nomme à nouveau en 1858 une commission chargée de proposer des modifications au plan d'étude de 1852. La bifurcation qui devait être reportée en 2^e est maintenue en 3^e. Le baccalauréat ès sciences est scindé en deux parties et se passe à la fin de la 2^e (sciences physiques et naturelles), puis à la fin de la classe de rhétorique (mathématiques, mécanique, cosmographie et questions littéraires). Les programmes sont de nouveau réformés¹¹⁴ : la botanique sera étudiée en troisième, la zoologie et la **géologie** en seconde. Le temps consacré à l'enseignement de l'histoire naturelle se trouve notablement réduit, « sans que l'enseignement lui-même ait à souffrir de cette réduction ». Comment doit-on comprendre cette réflexion ?

Ces modifications nombreuses et successives des épreuves de science au baccalauréat traduisent les conflits houleux qui opposent partisans des sciences et partisans d'un enseignement classique littéraire.

Les étudiants des facultés de médecine et des écoles supérieures de pharmacie étaient dispensés depuis 1852 de devoir produire le baccalauréat ès lettres ; ils devaient en revanche produire un baccalauréat ès sciences pour s'inscrire. Devant la très vive protestation du corps médical, qui juge que le niveau des étudiants baisse, le baccalauréat ès lettres est rétabli comme nécessaire à la première inscription en médecine et le baccalauréat ès sciences doit être produit avant la 5^{ème} inscription¹¹⁵.

2.2.4. L'après bifurcation (1863)

Dès son arrivée au ministère, le 23 juin 1863, Victor Duruy¹¹⁶ engage une réforme du plan d'études. Il rétablit la classe de philosophie, reporte le début de la bifurcation en classe de 2^e et supprime le baccalauréat scindé. Les programmes¹¹⁷ d'histoire naturelle sont allégés. L'enseignement de l'histoire naturelle¹¹⁸, qui, dans l'ancien plan d'études, faisait partie à la fois du cours de Rhétorique (sciences) et du cours de Philosophie (lettres), est reporté en 2^e, à raison d'une leçon par semaine pendant le second semestre. Il comprend un enseignement de zoologie, de botanique et de **géologie**. Le programme de géologie alors retenu préfigure ce que sera

¹¹³ Arrêté du 7 août 1857, réglementant l'examen et les programmes du baccalauréat ès sciences. *Journal Général de l'Instruction Publique*, 26 août 1857.

¹¹⁴ Révision des programmes de la section des sciences, 5 octobre 1859, *BA*, tome 10, pp.175-205.

¹¹⁵ Rétablissement du baccalauréat ès lettres pour les aspirants au doctorat en médecine, arrêté du 23 août 1858, *BA*, tome 9, p.213-218.

¹¹⁶ Victor Duruy (1811-1894), ancien élève de l'ENS où il devint maître de conférence, professeur d'histoire à l'école polytechnique, Inspecteur général pour l'enseignement secondaire des lettres, membre de l'Académie des sciences morales et politiques, puis de l'Académie française ; il est ministre de l'Instruction publique de juin 1863 à juillet 1869.

¹¹⁷ Arrêté et programmes relatifs à l'enseignement scientifiques des lycées, 12 septembre 1863, *BA*, tome 14, pp. 235-268, et Révision des programmes de l'enseignement scientifique des lycées, 2 décembre 1863, *BA*, tome 14, pp. 422-453.

¹¹⁸ Envoi aux Recteurs des programmes modifiés pour l'enseignement littéraire et scientifique des lycées, arrêté et circulaire du 24 et 25 mars 1865, *BA*, 2, tome 3, pp. 341-387.

l'enseignement de la géologie en secondaire durant près d'un siècle :

Phénomènes géologiques actuels propres à faire comprendre les phénomènes anciens. Sédiments. Transports. Torrents. Fleuves. Glaciers. Volcans.

Constitution générale du globe terrestre. Nature et origine des roches qui en forment l'écorce. Chaleur centrale. Roches ignées ou non stratifiées. Soulèvements.

Terrains de sédiments anciens ou primaires. Terrains de sédiments moyens ou secondaires. Terrains de sédiments supérieurs ou tertiaires et quaternaires. Principales substances minérales et corps organisés fossiles qu'on rencontre dans ces divers terrains.

Eaux minérales. Sources thermales. Puits artésiens.

Le régime de la bifurcation est aboli le 4 décembre 1864¹¹⁹. Il est remplacé par une seule filière littéraire. Duruy justifie ainsi la suppression des deux filières parallèles : « Par les lettres, nous développons les sentiments affectueux, les idées morales, la raison éloquente, l'imagination, le goût du bien et du beau, et l'expérience de la vie. Par les sciences, nous faisons heureusement contrepoids aux facultés de sentiment et d'imagination, dont il faut régler et contenir l'essor ; nous plions l'esprit à la discipline sévère des méthodes de raisonnement, et nous montrons par quelle voie austère et rude il faut aller chercher la vérité ». L'histoire naturelle est une nouvelle fois retirée du programme du baccalauréat ès sciences à partir de 1865¹²⁰.

L'enseignement spécial créé par Salvandy en 1847, n'avait pas totalement disparu après la mise en place du régime de la bifurcation : des cours spéciaux persistaient dans la plupart des lycées et des collèges communaux. Initiée par Gustave Rouland dès 1863, la réflexion sur cet enseignement aboutit en juin 1865 à une loi organique sur l'enseignement secondaire spécial¹²¹ ; le plan général et les programmes¹²² entrent en vigueur à la rentrée 1866. Il recrute les élèves au sortir des études primaires.

Destiné à former des élèves qui se destinent aux carrières de l'industrie, du commerce et de l'agriculture, l'enseignement fait une place plus grande à l'histoire naturelle. « C'est dans la nature que l'industrie et l'art puisent leurs moyens d'action ; l'histoire naturelle s'adresse à toutes les intelligences, comme à tous les âges et à presque toutes les professions ; il faut donc en inspirer de bonne heure le goût aux enfants ». « Depuis le cours préparatoire jusqu'à la dernière année de l'enseignement spécial, il faudra diriger constamment l'attention des élèves sur les réalités de la vie ; les habituer à ne jamais regarder sans voir ; les obliger à se rendre compte des phénomènes qui s'accomplissent dans le milieu où ils sont placés, et leur faire goûter si bien le plaisir de comprendre, que ce plaisir devienne un besoin pour eux ; en un mot développer dans l'enfant l'esprit d'observation et le jugement qui feront l'homme à la fois prudent et résolu dans toutes ses entreprises, sachant gouverner ses affaires et lui-même ». Dans l'enseignement classique, les sciences ont pour mission de développer le raisonnement ; dans l'enseignement spécial, elles doivent développer l'observation et le jugement d'expérience.

La **géologie** y est enseignée au cours de l'année préparatoire et des trois premières années d'études ; la quatrième année comprend un cours de géographie physique, enseignement qui poursuit celui de géologie. La première année du cours régulier de géologie « sera employée à l'étude de la contrée qui environne l'école dans une étendue plus ou moins grande, suivant la variété du sol et les facilités d'exploration. (...) Si la nature du sol est très uniforme, il faut étendre les excursions plus loin ou donner des notions sur les terrains plus éloignés au moyen d'échantillons, de coupes et de cartes. » **Les cartes géologiques** se maintiennent dans l'enseignement spécial où elles

¹¹⁹ Rapport à l'empereur et décret abolissant la division des classes d'humanités en deux sections, *BA*, 2, tome 2, pp. 614-615.

¹²⁰ Règlement pour l'examen du baccalauréat ès sciences, arrêté du 24 mars 1865, *BA*, 2, tome 3, p. 387.

¹²¹ Loi portant organisation de l'enseignement secondaire spécial, 21 juin 1865, *Recueil des lois et actes*, 1865, pp. 333-335.

¹²² Envoi aux recteurs du plan d'études de l'enseignement spécial et de divers documents relatifs à l'exécution de la loi du 21 juin 1865, 6 avril 1866, *BA*, 2, tome 5, pp.400-409, et 4 juin 1866, *ibid.*, pp. 585-801.

sont considérées uniquement comme des objets techniques. A cette époque il s'agit toujours des cartes géologiques départementales.

Tableau 5 : Organisation de l'enseignement secondaire spécial : réforme Rouland (1865)

Année préparatoire	Notions préliminaires (2 h) : zoologie, botanique, géologie	6 h de sciences sur 30 h de cours
1 ^{re} année	(2 h) : zoologie, botanique, géologie (carte implicite)	10 h de sciences/ 30h
2 ^e année	(2 h) : zoologie, botanique, géologie (carte implicite)	12 h de sciences/32 h
3 ^e année	(2 h) : zoologie, botanique, géologie	14 h sciences/ 34 h
4 ^e année	HN appliquée à l'agriculture, à l'industrie et à l'hygiène (2h) : zoologie, botanique, géologie (ou géographie physique ?) et météorologie, hygiène	15 h sciences/34 h
+ cours complémentaires	Doivent permettre aux meilleurs élèves de préparer le baccalauréat ès sciences et d'avoir ainsi accès aux grandes écoles	

Sous la III^{ème} République, Jules Simon entreprend une réforme de l'enseignement secondaire dès 1872 et un nouveau plan d'études des lycées est arrêté en 1874¹²³. Les sciences naturelles sont enseignées en 2^e (zoologie et botanique) et figurent au programme de la classe de Philosophie et à l'oral de la deuxième partie du baccalauréat. L'enseignement de la classe de Philosophie n'est en fait qu'une révision du programme de 2^e augmenté d'un enseignement de géologie (anciennement dans le programme de 2^e de 1863). Des **exercices de topographie** (lecture et utilisation de cartes d'état-major) font désormais partie des promenades¹²⁴ : la guerre qui vient de s'achever et la rivalité entre la France et l'Allemagne amèneront bien d'autres changements et éléments de réformes.

2.2.5. Le plan Jules Ferry (1880)

Le plan d'étude de Jules Ferry¹²⁵ du 2 août 1880¹²⁶ modifie, par contre, complètement la place de l'histoire naturelle dans l'enseignement secondaire ; c'est une réforme majeure dans la lettre et dans l'esprit : « l'enseignement aura pour objet de développer le jugement de l'enfant en même temps que sa mémoire et de l'exercer à exprimer sa pensée ». Développer la réflexion et le jugement deviennent des priorités, les exprimer font partie des objectifs fixés. Sans supprimer l'observation, ces choix n'en font plus une finalité comme cela pouvait sembler jusqu'alors.

Des éléments d'histoire naturelle sont enseignés dès les classes élémentaires des lycées : en 8^e (9 ans) et en 7^e. Dans cette classe les leçons comprennent des **éléments d'histoire naturelle des terrains et des pierres**, ainsi que les premiers éléments de sciences expérimentales. En 5^e, est enseignée de la zoologie ; en 4^e, de la botanique et de la **géologie**, et en classe de Philosophie, de l'anatomie et de la physiologie animale et végétale. Les sciences naturelles s'étalent du primaire au baccalauréat : c'est la reconnaissance d'un rôle dans la formation de l'élève. La géologie s'installe en classe de 4^e ; elle y demeurera jusqu'à aujourd'hui de manière *quasi* continue.

Le programme de géologie de 4^e comprend une « **étude de la carte géologique de la France dans ses traits principaux** ». Après le programme de 1848, qui introduisait l'étude des cartes géologiques des départements, ce programme de 1880 constitue la date origine de l'enseignement de

¹²³ Nouveau plan d'études pour l'enseignement secondaire des lycées, arrêté du 23 juillet 1874, *BA*, 2, tome 17, pp. 478-540.

¹²⁴ Circulaire à MM. les Proviseurs sur l'Enseignement secondaire, du 27 septembre 1872, *BA*, 2, tome 15, pp. 562-589. Cette circulaire conseille de développer des promenades de plusieurs heures pour développer par la marche l'activité des élèves et leur regard ; ces marches doivent permettre de développer sur le terrain les exercices de topographie et de lecture de cartes.

¹²⁵ Jules Ferry (1832-1893), avocat, journaliste, ministre de l'instruction publique du 4 février 1879 au 30 mars 1885.

¹²⁶ Plan d'études et programmes de l'enseignement secondaire classique, 2 août 1880, *BA*, 1880, pp.889-939.

la carte géologique de France (commentaire des grandes régions géologiques, avec âge et nature des terrains).

Ces programmes de 1880, jugés trop chargés, seront allégés dès 1885¹²⁷, aux dépens des sciences (les enseignements passent de 4 à 3 heures ou de 3 à 2 heures) ; en 4^e, l'heure année de géologie est remplacée au deuxième semestre par un enseignement de lettres. Il n'est plus fait mention dans le programme de 4^e de l'étude de la carte géologique de France ; il reste l'indication d'un « aperçu général sur la formation du sol de France ». Le programme de Jules Ferry était trop « révolutionnaire » pour être accepté.

Tableau 6 : Organisation de l'enseignement des lycées après la réforme Jules Ferry (2 août 1880)

Classe de 6 ^e	3h de sciences
Classe de 5 ^e	4h sciences, avec zoologie
Classe de 4 ^e	3h de sciences, avec géologie et botanique
Classe de 3 ^e	3h de sciences
Classe de 2 ^e	3h de sciences
Classe de 1 ^{re}	3h de sciences
Classe de philosophie sanctionnée par le baccalauréat ès lettres ou ès sciences	9h de sciences, avec anatomie et physiologie animale et végétale

L'enseignement secondaire pour les jeunes filles (les cours complémentaires remontaient, au moins dans le principe, à Victor Duruy, 1867) établi avec la mise en place de programmes scientifiques, est un pâle reflet de l'enseignement moderne de garçons. Les programmes de sciences y sont allégés. On y trouve un enseignement de sciences naturelles (1h) tout au long des 5 années. L'enseignement de géologie, en deuxième année, est semblable à celui de l'enseignement secondaire de garçons. L'enseignement secondaire féminin est plus proche au niveau des contenus de l'enseignement primaire supérieur que de l'enseignement secondaire masculin.

L'enseignement secondaire spécial réduit la géologie à une heure en 3^e année. L'étude de la répartition des divers terrains sur la surface du sol de la France et de **la carte géologique** reste au programme. L'enseignement spécial conduit dorénavant au baccalauréat, avec l'ajout d'une 5^e année. L'histoire naturelle donne lieu, pour la première fois, à une composition et une interrogation orale¹²⁸. Le baccalauréat spécial permet de se présenter aux examens des licences ès sciences, il est équivalent au baccalauréat ès sciences restreint pour les études médicales. L'histoire naturelle est enseignée dans cette section de manière continue du cours préparatoire à la cinquième année. C'est une nouvelle fois par l'enseignement spécial que se développe l'enseignement de l'histoire naturelle.

Cet enseignement est réorganisé en 1886¹²⁹ ; le souhait du ministre René Goblet d'assimiler cet enseignement à un enseignement classique n'est pas suivi. Mais celui-ci est rallongé d'une année d'étude et ses programmes de sciences sont allégés, les rapprochant de ceux de l'enseignement classique. Le programme de sciences naturelles est légèrement modifié, la géologie est dorénavant enseignée en quatrième année¹³⁰, à raison de 2 heures au premier semestre.

¹²⁷ Arrêté du 22 janvier 1885 apportant des allègements aux programmes de l'enseignement secondaire classique. *BA*, tome 37, pp. 220-228.

¹²⁸ Décret du 28 juillet 1882 relatif au baccalauréat de l'enseignement secondaire spécial. *BA*, tome 27, pp. 201-208.

¹²⁹ Décret portant réorganisation de l'enseignement secondaire spécial, 8 août 1886. *BA*, tome 40, p. 231. ; et ; *RLR*, N° 31, pp. 500-501.

¹³⁰ Le ministre écrit : « le cours de géologie attribué autrefois à la troisième année ayant été reporté à la quatrième, il en résulte que les élèves qui vont entrer dans ce dernier cours ont déjà reçu le même enseignement. Comme il n'a

Tableau 7 : Organisation de l'enseignement secondaire spécial après la réforme de 1886

1ère année (élèves de 10 à 11 ans)	zoologie (2h)
2ème année	botanique (1h)
3ème année	-
4ème année	géologie (programme 1882) (2h, 1 semestre)
5ème année	anatomie et physiologie animale (2h, 1 semestre)
6ème année : sanctionnée par le baccalauréat de l'enseignement secondaire spécial	anatomie et physiologie végétale (2h, 1 semestre)

2.3. Evolution de l'enseignement des cartes géologiques : 1890-1995

2.3.1. Une géologie sans carte

De 1890 à 1912, plusieurs réformes plus ou moins générales se succèdent. L'enseignement de la géologie, déplacé d'un niveau à un autre, ou étalé de la classe de 6^e aux classes terminales, ne prend guère d'importance. Les notions enseignées sont toujours les mêmes, et la carte géologique n'est pas un outil d'étude déclaré dans les textes officiels. Cette période, même si elle marque l'unification des enseignements secondaires et préfigure la structure actuelle de notre enseignement, ne présente guère de développement de l'enseignement de la carte géologique.

La nouvelle réforme du plan d'étude et des programmes de 1890 marque un nouveau recul de l'enseignement des sciences. Les baccalauréat ès sciences et ès sciences restreint sont supprimés par la création d'un baccalauréat unique de l'enseignement secondaire classique¹³¹. Le baccalauréat comprend désormais deux parties. La seconde partie présente deux séries au choix du candidat : une série lettres-philosophie, qui comprend une épreuve orale d'histoire naturelle (programme de la classe de philosophie, dépourvu de géologie), une série lettres-mathématiques, sans épreuve d'histoire naturelle. Une troisième série, spécialement consacrée aux sciences physiques et naturelles devait être instituée, elle n'a jamais vu le jour. Ce baccalauréat unique supprime dans les faits la filière scientifique.

Les auteurs de la réforme de 1890 veulent promouvoir « une éducation intégrale et harmonieuse de l'homme ». Il s'agit, disent-ils, de retenir les savoirs les plus utiles par leur vertu éducative et comme discipline de l'esprit¹³². L'enseignement des sciences est directement remis en cause par Léon Bourgeois : « Pour exercer en tous sens l'intelligence et lui donner de la netteté, de la précision, de la logique, tout en la préservant d'une spécialisation hâtive qui risque de la stériliser ou de la rétrécir, pour élever et ennoblir l'individu tout entier par le commerce des grands esprits et l'exemple des oeuvres les plus parfaites (...), c'est aux lettres qu'il faut s'adresser.(...) A cette éducation générale de l'esprit et du coeur, les sciences d'expérience et de raisonnement viendront, à leur heure, dans l'ordre et la mesure convenables, associer leurs fortes leçons, comme un complément et un correctif indispensables. »

L'enseignement scientifique¹³³ dans les classes de lettres s'étale de la classe de 7^e (classe élémentaire) jusqu'à la classe de Philosophie. Les premières **notions sur les pierres et les terrains**

qu'une importance relative, au lieu de le doubler, il semble plus conforme à l'intérêt des études de répartir provisoirement entre la quatrième année et la cinquième année les leçons d'anatomie et de physiologie attribuées exclusivement à la cinquième, et qui comportent de très intéressants développements ». Est-ce à dire que ce n'est pas le cas de la géologie malgré les affirmations répétées de préparation pratique aux métiers de l'agriculture ?

¹³¹ Décret et arrêté constituant un baccalauréat unique de l'enseignement secondaire classique, 8 août 1890, *BA*, nouv. série, tome 48, p. 247 et 554.

¹³² Lettre du ministre de l'Instruction publique, Léon Bourgeois, aux membres du personnel administratif et enseignant des lycées et collèges, 15 juillet 1890, *BA*, 2, tome 48, pp.415-427.

¹³³ *Ibid.* p.549.

sont données en classe de 7^e, où l'enseignement « sera complété, quand cela est possible, par des excursions dirigées par le professeur lui-même ». En 5^e, on retrouve un programme proche de celui de l'ancienne classe de 4^e (1880), mais sans allusions à la carte. Le programme contient un aperçu général sur la formation du sol de France, mais ne précise pas d'utilisation de la carte géologique de France. L'enseignement secondaire de la géologie se limite donc à la classe de 5^e.

Parallèlement aux modifications de l'enseignement secondaire classique, l'enseignement secondaire spécial est remanié. Le premier est destiné à une élite restreinte, le second doit rassembler un plus grand nombre d'élèves issu des différentes couches sociales. **L'enseignement spécial est rebaptisé enseignement moderne**¹³⁴. Les élèves de l'enseignement classique qui se destinent à des études de sciences, sont obligés de suivre des études gréco-latines. Cette obligation vise à les pousser vers une orientation dans l'enseignement moderne. L'enseignement des élites ne se satisfait pas des augmentations d'effectifs.

Cet enseignement moderne est allégé en sciences par rapport à l'ancien enseignement spécial, même s'il reste plus scientifique que l'enseignement classique. L'enseignement de la **géologie** porte sur les mêmes programmes dans les deux enseignements, à la différence près qu'elle est ici enseignée en 6^e. Le baccalauréat¹³⁵, qui sanctionne ces études, donne accès aux études supérieures de sciences et de pharmacie, mais ne donne pas accès aux études de médecine, qui restent une chasse gardée des lettres classiques. Chasse gardée est l'expression qui convient, comme le prouve la création de l'année préparatoire de physique, chimie et sciences naturelles (PCN). L'inquiétude des universitaires devant le niveau insuffisant des connaissances des étudiants de première année, en physique, chimie et sciences naturelles conduit à la création d'une année préparatoire à l'entrée de l'université et non à une modification des programmes de lycées ou à une ouverture aux étudiants ayant suivi des études de sciences plus complètes !

La révision à la baisse, en 1897, des programmes de **l'enseignement secondaire de jeunes filles**, se fera lui aussi au dépend des sciences (physiques et naturelles surtout). L'enseignement de l'histoire naturelle dans ces classes a pour but affiché « d'apprendre aux élèves à voir, à comparer et à décrire¹³⁶ ». Il n'est nullement question de raisonnement, l'histoire naturelle sert seulement à former le regard. Il se démarque de celui des garçons en 3^e année par l'introduction de conférences sur l'hygiène et l'économie domestique. On notera le rapprochement d'objectifs entre l'enseignement spécial et l'enseignement classique de jeunes filles : donner des éléments de connaissances mais sans s'embarrasser de trop de raisonnements.

Suite au rapport de Louis Mangin, présenté au conseil supérieur de l'instruction publique, et sous la pression d'éminents géologues, l'enseignement de la géologie est redéfini et redistribué¹³⁷. La **géologie** sera désormais enseignée en classe de 5^e classique et moderne, en classe de 3^e moderne et 2^e classique, en classe de 1^{re} moderne et en classe de Philosophie de l'enseignement classique. Le programme de géologie est pensé dans sa globalité et les notions sont réparties sur les trois années d'enseignement.

En 5^e, le programme traite de notions sommaires sur les principales roches et les modifications du sol (érosion, sédimentation, volcans et tremblements de terre). Mais, l'enseignement se réduit au seul premier trimestre, à raison de 1h30 par semaine. En 3^e moderne et 2^e classique, les douze conférences d'une heure traitent des époques géologiques dans leurs grands traits. En 1^{re} moderne et classe de Philosophie, il s'agit d'un enseignement de paléontologie introduisant l'étude du transformisme des espèces, en 4 à 5 leçons d'une heure. L'enseignement s'est étalé mais les horaires restent très réduits.

¹³⁴ Plan d'études et programmes de l'enseignement secondaire moderne. Arrêté du 15 juin 1891. *B.A.* 2, tome 49. pp. 603-666.

¹³⁵ Décret et arrêté relatifs au baccalauréat de l'enseignement secondaire moderne, 5 juin 1891. *B.A.* 2, tome 49. pp. 570-579.

¹³⁶ Arrêté du 27 juillet 1897. *B.A.* 2, tome 49. pp. 454-493.

¹³⁷ Rapport de Louis Mangin et arrêté relatif à l'enseignement de la géologie dans les classes de l'enseignement secondaire classique et de l'enseignement secondaire moderne, 6 août 1898, *B.A.* 2, tome 64, pp. 595-599.

Tableau 8 : Réforme de l'enseignement secondaire (1898)

Enseignement secondaire classique (grec et latin)	Enseignement secondaire moderne (ex spécial)
6 ^e (zoologie)	6 ^e (zoologie)
5 ^e (géologie, botanique)	5 ^e (géologie, botanique)
4 ^e	4 ^e
3 ^e	3 ^e (12 conférences sur époques géologiques)
2 ^e (12 conférences sur époques géologiques)	2 ^e
1 ^{re}	1 ^{re} (paléontologie)
Classe de Philosophie (anatomie, physiologie, paléontologie)	Classe terminale
Sanctionnée par le baccalauréat unique de l'enseignement secondaire classique : série lettres-philosophie et série lettres-mathématiques	Sanctionnée par le baccalauréat de l'enseignement secondaire moderne (<i>donne accès aux études de sciences et de pharmacie, mais pas aux études de médecine</i>)

Comme toujours depuis l'introduction d'un enseignement de géologie, les textes insistent lourdement sur les côtés pratiques qu'il doit revêtir : les descriptions doivent s'appuyer sur la présentation d'échantillons, de dessins ou de photographies, sur l'étude de planches murales (cartes ?), l'enseignement doit comprendre des sorties sur le terrain. « C'est dans la carrière voisine du lycée ou du collège, au bord de la rivière ou sur les coteaux environnants » que le professeur résumera les leçons faites en classe. Qu'elles servent d'introduction ou de conclusion aux études géologiques, les sorties sont réaffirmées nécessaires. A une époque où les moyens de déplacement étaient moins nombreux et moins aisés qu'aujourd'hui, l'enseignement de la géologie savait sortir des classes. La **réforme de 1902**¹³⁸ unifie l'enseignement secondaire (classique et moderne) et marque un tournant pédagogique dans l'histoire de l'enseignement.

L'enseignement moderne influence l'enseignement classique par ses méthodes concrètes. Les sciences (mathématiques et physiques) sont placées au même rang que les lettres et leur enseignement est profondément modifié. Mathématiques et Physique se rejoignent pour être essentiellement expérimentales. Il faut dégager des lois à partir d'observations pratiques et exprimer ces lois sous forme mathématique. On stimule la représentation graphique et l'étude des fonctions. La section C est créée. Selon l'analyse de B. Belhoste, « les sciences naturelles, purement descriptives, n'entrent pas dans la conception générale du projet de la commission de révision, qui propose de laisser cet enseignement à peu près en l'état. » La lecture des programmes montre pourtant quelques modifications non négligeables. Les programmes d'histoire naturelle de 1890 étudiaient déjà les fonctions et ne se limitaient donc pas à de l'anatomie descriptive !

L'enseignement secondaire comprend désormais un premier cycle, de la 6^e à la 3^e, avec deux sections (une section A avec latin et une section B sans latin), et un second cycle, de la 2^e à la classe terminale. Le deuxième cycle comprend dès la classe de 2^e, 4 sections : A (grec et latin), B (latin et langues vivantes), C (latin et sciences) et D (sciences et langues vivantes). Chaque section conduit au baccalauréat. Cette organisation, malgré quelques modifications, persistera jusqu'à la réforme de 1965. Cette unification des enseignements classiques et modernes augmente considérablement la place réservée jusqu'alors aux sciences.

Les pédagogues, à l'origine de cette réforme, la justifient par l'addition de connaissances démesurées et sans organisation dans les programmes du secondaire¹³⁹. On additionnait des savoirs sans se préoccuper de la formation de l'esprit. Octave Gréard, Vice-recteur de l'académie de Paris,

¹³⁸ Décret du 31 mai 1902, relatif au plan d'études secondaires et décret du 22 juillet 1902, relatif aux sanctions du baccalauréat, *BIP*, p. 705.

¹³⁹ Voir à ce propos la présentation du nouveau plan d'étude faite par Louis Liard, l'un de ses initiateurs : Liard, L. 1903. Le nouveau plan d'études de l'enseignement secondaire, les cadres, l'esprit. Edouard Cornely, Paris. 20 p.

écrivait¹⁴⁰ en 1888 : « On ne peut reprocher à ces programmes [programmes qui se succèdent à la fin du XIX^e] que d'être trop riches (...), mais à force d'entasser matière sur matière, nous arrivons en vérité, à exclure de notre éducation l'idée même de l'éducation ».

Les programmes, qui entrent en vigueur dès la rentrée de 1902, introduisent également une autre innovation : toutes les classes ne durent désormais qu'une heure. Cette unification des enseignements garde toutefois des marques des anciens enseignements classiques d'une part et moderne d'autre part : section A et B du premier cycle, A, B, C et D du deuxième cycle.

Le terme d'histoire naturelle disparaît définitivement des textes officiels au profit de celui de **sciences naturelles**. E. Caustier, professeur au lycée Condorcet, justifie ainsi ce changement¹⁴¹. « Il importe de distinguer l'*histoire naturelle* qui est une science d'observation des *sciences naturelles* qui sont expérimentales. La première est contemplative de la nature ; les secondes sont explicatives. L'histoire naturelle s'occupe simplement de l'enchaînement et des lois des phénomènes naturels ; elle laisse aux sciences naturelles le soin de l'explication. Ces deux sciences marquent nettement deux degrés dans les connaissances humaines : la première étant comme une soeur aînée sur laquelle s'appuient les secondes. (...) Les observateurs qui se plaisaient à contempler ont voulu expliquer et ils ont abandonné les champs et les bois pour les laboratoires : l'histoire naturelle a fait place aux sciences naturelles. »

Les sciences naturelles passent de 1h30 à 1 h par semaine en 6^e (zoologie) et 5^e (botanique en 5^e A et botanique-géologie en 5^e B). Elles reviennent en 4^e A (**géologie**), à raison d'une heure par semaine et passent à 1 h en 3^e B (physiologie animale). Dans le deuxième cycle, douze conférences de géologie d'une heure persistent en 2^e. Elles s'appuient sur la présentation de planches murales, de photographies et de dessins exécutés au tableau noir. Dans les classes de Philosophie A et B et de Mathématiques A et B est assuré un enseignement de 2h de physiologie animale et végétale et d'hygiène. Il est demandé au professeur de prendre sur ses heures de cours quelques heures pour des séances de travaux pratiques. Il s'agit d'observations à la loupe et au microscope, de dissection, de digestion *in vitro*, d'expériences de physiologie végétale. Des notions sommaires de paléontologie représentent 5 leçons d'une heure. Elles s'inscrivent dans un enseignement visant à établir l'idée générale d'une évolution des végétaux et animaux. Une de ces leçons porte sur la configuration des continents et des mers au cours des périodes géologiques. Les sciences naturelles apparaissent dans les épreuves orales du baccalauréat¹⁴² pour la deuxième partie.

Le cours de géologie¹⁴³ de 4^e A (et de 5^e B) reprend à peu près le programme de 5^e de 1898, c'est à dire celui de 4^e de 1880 (étude des modifications du sol : érosion, sédimentation, volcanisme et tremblements de terre). L'observation des objets est toujours le maître mot des textes officiels : « Le professeur se bornera à faire connaître les traits principaux de chacun des âges de la terre, à décrire les fossiles les plus importants au moyen d'objets mis sous les yeux des élèves, de planches murales, de photographies et de dessins exécutés au tableau noir. Quelques excursions sont indispensables pour compléter le cours. Le professeur s'attachera plus particulièrement à l'étude de la géologie locale. »

L'enseignement de la géologie comme celui des sciences en général est reconnu comme outil de la formation de l'esprit. Les enseignants doivent se garder pour cela des informations trop nombreuses qui chargent les esprits et font travailler la mémoire sans susciter la réflexion. Louis Liard, Vice-recteur de l'académie de Paris et inspirateur du nouvel enseignement des sciences, fait une conférence en janvier 1904 devant les enseignants réunis au Musée pédagogique¹⁴⁴. Il insiste sur

¹⁴⁰ GREARD, O. 1888. Education et Instruction, Enseignement secondaire. Paris : Hachette.

¹⁴¹ CAUSTIER, E. 1905. L'enseignement des sciences naturelles dans le premier cycle. In : L'enseignement des sciences naturelles et de la géographie. Conférences du musée pédagogique. Paris : Imprimerie nationale, 211 p.

¹⁴² Décret du 31 mai 1902 relatif aux conditions et à la nature des épreuves du baccalauréat, *BIP*, p.705

¹⁴³ Le programme de géologie n'entre en application qu'à la rentrée 1903 (instructions relatives au plan d'études, 19 juillet 1902, *B.A.*, 2, tome 72, pp. 201-212). Le programme est modifié à compter de la rentrée 1913 (arrêté du 4 mai 1912, *B.A.* 2, tome 91, pp. 717-718).

¹⁴⁴ Conférence de Louis Liard sur les sciences dans l'enseignement secondaire. *Revue pédagogique*, 15 février 1904, reproduit dans : BELHOSTE, B. 1995. Les sciences dans l'enseignement français : textes officiels, tome 1, 1789-

les « méthodes » qui doivent diriger l'enseignement des sciences. Les enseignants doivent prendre garde au verbalisme, à l'excès de détails, comme au discours trop théorique, voire doctrinal. Les sciences naturelles doivent former l'esprit et non le charger, elles doivent partir de l'observation des « choses » pour amener les élèves à réfléchir sur les « choses ».

La carte ne fait pas partie des moyens préconisés pour l'étude pratique des objets géologiques, alors que la représentation visuelle est stimulée et que les excursions locales sont toujours au programme. Les textes officiels ne proposent pas explicitement de travailler sur la carte mais préconisent de sortir étudier la géologie locale. La carte géologique murale de la France (au 1/1 000 000) est disponible depuis 1889 et la couverture au 1/80 000 est bien avancée.

Tableau 9 : Unification de l'enseignement secondaire : la réforme de 1902

Classes		Enseignement de sciences naturelles
Premier cycle	6 ^e A et B	1 h : zoologie
	5 ^e A et B	1 h : géologie (programme de 5 ^e de 1898) et botanique en 5 ^e B ; botanique en 5 ^e A
	4 ^e A et B	1 h : géologie en 4 ^e A
	3 ^e A et B	1 h : physiologie animale en 3 ^e B
Deuxième cycle	2 ^e A, B, C et D	12 conférences de géologie de 1 h
	1 ^{re} A, B, C et D	-
	Philo. A et B Math. A et B	2 h : anatomie, physiologie animale et végétale, hygiène, géologie (révision du programme de 4 ^e)

Les programmes de sciences sont réformés, essentiellement allégés, en 1912. Depuis 1902, les programmes de mathématiques ont déjà été modifiés deux fois et la physique supprimée des classes de seconde et de première. Les nouveaux programmes de mathématiques puis de physique de 1909 indiquaient un recul de l'enseignement des sciences dans les sections littéraires (A et B). La réforme de 1912, tout en prenant en compte l'évolution des enseignements, entend remettre un peu d'ordre et limiter les contenus jugés trop lourds ou trop imprécis. Les modifications (refonte du programme des classes de Philosophie et de Mathématiques) apportées au programme des sciences naturelles¹⁴⁵ entrent en vigueur à la rentrée de 1913.

Trois heures de géologie sont introduites dans le programme des classes terminales, en remplacement de la paléontologie¹⁴⁶. Il s'agit de notions sur la composition de l'écorce terrestre, sur les déformations, les temps géologiques et l'idée générale de l'évolution. Ces éléments sur l'Evolution doivent servir de soutien au cours de philosophie. L'enseignement de sciences naturelles doit être donné de façon à initier les élèves à la méthode expérimentale et à développer chez eux l'esprit d'observation.

2.3.2. Les premiers travaux pratiques sur les cartes

En marge des enseignements secondaires classique et spécial/moderne, les écoles primaires supérieures (EPS) se sont développées depuis 1866¹⁴⁷. Elles comprennent trois années : deux seulement pour les classes d'enseignement primaire supérieur annexées aux écoles primaires

1914. Paris : INRP/Economica, pp. 625-630.

¹⁴⁵ Arrêté allégeant les programmes de mathématiques, de physique, de chimie et de sciences naturelles dans les lycées et collèges de garçons, 4 mai 1912, *B.A.* 2, tome 91, pp.710-734.

¹⁴⁶ Circulaire relative aux programmes modifiés des sciences mathématiques, physiques et naturelles dans les lycées et collèges de garçons, 23 mai 1912, *B.A.* 2, tome 91, pp. 811-812.

¹⁴⁷ Loi du 30 octobre 1886 sur l'organisation de l'enseignement primaire ; décret et arrêté du 18 janvier 1887. RLR, N° 3, pp. 25-90. Lancées par Guizot dès 1833 les EPS ont été réorganisées en 1866.

élémentaires et dites « cours complémentaires ». Les disciplines enseignées sont celles des écoles primaires, auxquelles s'ajoutent « le travail du bois et du fer pour les garçons, les travaux d'aiguille, la coupe et l'assemblage pour les filles ». De 1881 à 1901, les effectifs de l'EPS passent de 24 200 à 55 900 élèves¹⁴⁸. L'EPS est très proche tout d'abord de l'enseignement secondaire spécial, puis de l'enseignement moderne : une fusion entre ces deux enseignements est envisagée dès les années 1920, elle se fera au niveau des programmes en 1926.

Les élèves de l'EPS sont en général originaires des milieux ruraux et de la petite bourgeoisie. Ils occupent, à l'issue de leurs études, des emplois moyens ou subalternes dans l'industrie, le commerce, l'agriculture ou les administrations. Les meilleurs élèves peuvent poursuivre à l'école normale d'instituteurs ou l'école normale d'institutrices, puis à l'école normale supérieure de St Cloud ou de Fontenay. L'enseignement primaire se poursuit parallèlement à l'enseignement secondaire. Il forme ses propres cadres.

Les programmes des EPS sont modifiés en 1920¹⁴⁹ : les sciences naturelles sont désormais enseignées durant les trois années avec un **programme de géologie** en 1^{re} et 2^e année. Le programme de 1^{re} année correspond à celui de 5^e (puis 4^e) des lycées et collèges : après quelques notions préliminaires sur le globe terrestre, il traite des phénomènes géologiques actuels. En deuxième année, il traite des matériaux de l'écorce terrestre, des ères géologiques, et introduit un enseignement de « géologie appliquée ». Le programme aborde les applications de la géologie à l'art des mines, aux travaux publics, à l'agriculture, à l'hygiène (*via* l'hydrologie) et prévoit des exercices pratiques de lecture de **cartes et coupes géologiques**.

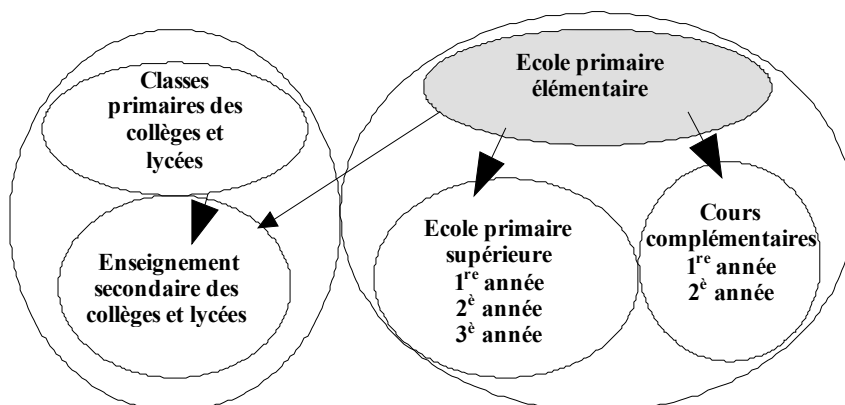


Figure 9 : Enseignement primaire supérieur, cours complémentaires et enseignement secondaire : 3 voies distinctes au sortir des classes primaires

En 1920, 244 feuilles sont disponibles, sur les 255 de la carte géologique au 1/80 000 ; la deuxième édition de la carte au 1/1 000 000 est parue en 1905. Notons une fois de plus la valeur technique attribuée à la carte et son introduction dans les programmes à la faveur des enseignements pratiques réservés à la formation des élèves destinés aux métiers de l'agriculture, de l'industrie ou du commerce.

L'enseignement moderne créé en 1902 est supprimé en 1923 ; les programmes sont modifiés avec effet à la rentrée 1923 pour les 6^e et au 1^{er} octobre de chaque année suivante pour les classes ultérieures (réforme des classes terminales et du baccalauréat prévue pour 1929). La

¹⁴⁸ MAYEUR, F. 1981. Histoire générale de l'enseignement et de l'éducation en France. t. III, sous la direction de Louis-Henri Parias. G.-V. Paris : Labat, p. 550.

¹⁴⁹ Arrêté du 18 août 1920, modifiant les programmes des écoles primaires supérieures, *BAMIP* du 18 septembre 1920, N°2442, pp. 727-764.

réforme¹⁵⁰ de Léon Bérard vise à réaffirmer une supériorité des lettres classiques, en restaurant le latin comme enseignement obligatoire dès la 6^e, et en l'imposant aux sections scientifiques. Dans les faits, le baccalauréat C, qui associait depuis 1902, l'étude des sciences et du latin, était le plus prestigieux en permettant l'accès au plus grand nombre d'études universitaires et de carrières. Le baccalauréat D (sciences-langues vivantes) était plutôt méprisé. Le baccalauréat A (latin-grec) délaissé par un nombre croissant de bons élèves inquiétait fortement les défenseurs des études classiques anciennes.

Cette réforme supprime les sections A et B du premier cycle : les sciences naturelles sont enseignées de la 6^e à la 3^e, à raison d'une heure par semaine. Le programme de géologie, enseigné en 4^e, est beaucoup plus ambitieux : outre l'étude des phénomènes actuels (érosion, sédimentation, volcanisme et tremblement de terre) qui figurait déjà dans ces programmes, il introduit l'étude de notions sommaires sur les roches, et l'étude des périodes géologiques comprenant une étude des grands groupes fossiles, de la formation des chaînes de montagnes et de l'histoire géologique de la région. Cette histoire géologique sommaire de la région comprend des notions sur ce qu'est **une carte géologique**. Des exercices pratiques sont prévus mais ils sont à prendre sur les heures de cours. Les classes de Philosophie et de Mathématiques conservent un enseignement sommaire de physiologie, d'anatomie et de géologie. C'est curieusement une réforme privilégiant les lettres aux dépens des sciences, qui introduit la carte géologique dans l'enseignement classique.

Tableau 10 : Comparaison des programmes de sciences naturelles de l'enseignement secondaire, des EPS et CC (1920)

Enseignement secondaire (classique et moderne)	Enseignement primaire supérieur	Cours complémentaires
6 ^e A et B (1 h de zoologie)	Année préparatoire	Année préparatoire
5 ^e A (1 h botanique)	1 ^{re} année	1 ^{re} année
5 ^e B (1 h, géologie /botanique)	(1 h géologie pendant 4 mois)	(1 h géologie pendant 4 mois)
4 ^e A et B (1 h géologie)	2 ^e année (1 h, zoologie/ géologie : lecture de cartes)	2 ^e année (1 h zoologie/ géologie)
3 ^e B (physiologie animale)	3 ^e année (anatomie, physiologie, hygiène)	
2 ^e A, B, C, D (12 conférences de 1 h de géologie)		
1 ^{re} A, B, C, D		

¹⁵⁰ Décret du 3 mai 1923 portant réforme de l'enseignement secondaire et arrêté du 3 décembre 1923.

La victoire du Cartel de gauche aux élections législatives de 1924 entraîne des modifications de la réforme de Bérard, et la restauration d'un enseignement moderne sans latin¹⁵¹ en 6^e et 5^e (retour des sections B). Ces modifications ne sont que transitoires, une véritable réforme interviendra en 1925. Les programmes resteront dans l'immédiat ceux prévus en 1923, le latin en moins. Les 6 heures par semaine libérées seront consacrées à l'enseignement du français, des langues vivantes et des sciences naturelles (1 heure).

La réforme de 1925 instaure deux sections dans l'enseignement secondaire¹⁵². Une section A où le latin est enseigné de la 6^e au baccalauréat (le grec est facultatif à partir de la 4^e et obligatoire à partir de la 2^e) et une section B où cet enseignement est remplacé par un enseignement renforcé de français et l'apprentissage d'une seconde langue vivante. La grande nouveauté tient au programme de sciences physiques et mathématiques qui sont identiques dans ces deux sections. Rapidement le baccalauréat A, qui comprend des études classiques et des études scientifiques, devient la section de prestige et draine les élites. Une composition de sciences physiques et naturelles est introduite¹⁵³ en série A (Philosophie) ; une interrogation de sciences naturelles est prévue en séries Philosophie et Mathématiques.

En 1926, pour des raisons financières plus que pédagogiques (réduction des dépenses ministérielles par suppression d'un certain nombre de petits collèges), les programmes d'enseignement des classes élémentaires¹⁵⁴, des écoles primaires, des collèges et des lycées sont alignés ; à cette décision du 12 février, fait suite celle du 1^{er} octobre qui étend la mesure aux classes de 6^e, 5^e, 4^e et 3^e, des lycées, collèges et écoles primaires supérieures : les sciences naturelles, à raison de 1 heure par semaine dans chaque classe, font partie de cet enseignement commun. L'alignement se fait sur les programmes du secondaire de 1923. La géologie est enseignée en classe de 4^e (ou 2^e année d'EPS).

Une circulaire ministérielle¹⁵⁵ adressée aux recteurs insiste sur l'importance de développer des travaux pratiques en sciences naturelles. L'introduction en 1923 de tels travaux en 6^e puis 5^e et 4^e « a donné les meilleurs résultats ». Au vu du programme de géologie, il doit s'agir d'observation d'échantillons. Des notions sur la carte géologique étant également au programme, on peut envisager l'observation de celle-ci.

Les nouveaux programmes mis en place en 1938¹⁵⁶ reprennent en très grande partie les programmes de 1902, avec perte des conférences de géologie en seconde. Les classes terminales traitent d'évolution mais sans géologie. L'enseignement de 4^e du secondaire et de 2^e année d'EPS¹⁵⁷, ne diffèrent de celui de 1923, que par la suppression de l'étude des périodes géologiques, à laquelle est substituée un enseignement de botanique. Le programme comprend 5 parties :

¹⁵¹ Décret du 9 août 1924, prévoyant pour la rentrée scolaire de 1924, l'ouverture de classes de 6^e B et 5^e B, et arrêté du 11 août 1924, relatif aux horaires des classes de 6^e B et 5^e B.

¹⁵² Décret du 13 mai 1925, relatif aux programmes et horaires des classes de lycées et collèges de garçons. *BAMIP* n° 2563, pp. 6-8.

¹⁵³ Décret du 7 août 1927 portant réorganisation du baccalauréat de l'enseignement secondaire. *BAIP*, n°2598, p. 344. ou *BOMEN*, 1927, P. 345. Ces modifications entreront en vigueur à la session de juillet 1929 pour les garçons et de juillet 1930 pour les filles.

¹⁵⁴ Décret du 1 octobre 1926, *BAMIP*, N°2576, pp. 115-120. Les sciences physiques et naturelles sont enseignées en classes élémentaires, à raison d'une heure en 11^e, 10^e et 9^e et de deux heures en 8^e et 7^e. Ces mesures sont applicables également aux cours secondaires de jeunes filles.

¹⁵⁵ Circulaire du 14 octobre 1929, relative à l'enseignement des sciences naturelles dans les établissements de l'enseignement secondaire. *BAMIP et Beaux arts*, N°2648, pp. 425-426. Le programme de géologie n'est pas modifié.

¹⁵⁶ Arrêté du 11 avril 1938, fixant les programmes du 1^{er} cycle du second degré et des EPS.

¹⁵⁷ Le décret du 21 mai 1937 avait réorganisé les EPS et posé le principe de l'identité des programmes entre le premier cycle du secondaire et les EPS.

- 1) l'étude monographique de quelques roches régionales, appuyée sur une étude pratique et sur des excursions ;
- 2) l'étude des phénomènes géologiques actuels en privilégiant la compréhension des mécanismes, la réalisation d'expérience, l'étude de terrain et le **travail sur cartes** ;
- 3) l'étude des mécanismes d'érosion (phénomènes d'origine externe) ;
- 4) l'étude des phénomènes internes : volcanisme, tremblement de terre, plissements, formation des chaînes de montagnes et notions sur la constitution du globe terrestre ;
- 5) l'étude de l'âge relatif des terrains.

Les travaux sur la carte ne sont pas précisés, mais celle-ci fait l'objet d'une étude et n'est donc plus cantonnée dans un rôle uniquement illustratif.

Sous le régime de Vichy, Carcopino restaure un enseignement classique¹⁵⁸ allégé en sciences et l'obligation du latin dès la 6^e. Les lycées assureront uniquement l'enseignement classique, les collèges pourront assurer l'enseignement classique et l'enseignement moderne. Les EPS sont transformées en **collèges modernes**. Les programmes de sciences naturelles restent inchangés à la rentrée 1941. A la rentrée de 1942, le plan d'étude supprime cet enseignement dans les classes de 4^e et de 3^e : la **géologie** est reportée en 5^e, avec le programme de 1938. Une section « philo-sciences » est créée en terminale¹⁵⁹, elle deviendra plus tard, la section « sciences expérimentales ».

Dès le 9 août 1944, une ordonnance¹⁶⁰ frappe de nullité toutes les décisions officielles postérieures à la chute, dans la journée du 16 juin 1940, du dernier gouvernement légitime de la République. La transformation des EPS en collèges modernes persiste toutefois. Des programmes transitoires sont mis en place pour la rentrée de 1944. Ils reprennent, en les allégeant parfois, les programmes de 1938. La géologie revient en 4^e et les horaires de travaux pratiques sont spécifiés dans les textes : 1 heure par quinzaine, et une heure de cours par semaine.

Les programmes¹⁶¹ de 1945 reprennent ceux de 1938. En 6^e (classique et moderne), les sciences naturelles et les sciences physiques sont regroupées dans un enseignement de **sciences de l'observation**. En classes terminales, alors que les sections philosophie et mathématiques traitent de l'anatomie et la physiologie (à raison de 2 h par semaine), la section sciences expérimentales (4 h) reprend le programme de 1925.

La réforme de 1951-1952

Les filières se multiplient en 2^e¹⁶², et deux nouvelles sections (C' et M') ont désormais 3 h de sciences naturelles : leur programme porte sur l'organisation et le mode de vie des plantes, les végétaux fossiles, des éléments de systématique et des éléments d'écologie. La création de classes de 1^{re} (C', M' et technique B)¹⁶³ s'accompagne également de celle d'un enseignement de sciences naturelles : 3 h en C' et M', consacrées à des études zoologiques, 1 h en technique B, comprenant une étude des ressources végétales, animales et du sous-sol, avec visite d'une carrière ou d'une mine. Cet enseignement (technique B) doit se faire autant que possible en coordination avec les autres disciplines et doit permettre d'établir **la carte des ressources locales**. Il s'agit probablement dans l'esprit des auteurs d'une carte géographique indiquant la localisation des carrières, des mines,

¹⁵⁸ Loi du 15 août 1941, relative à l'organisation générale de l'enseignement public. Décrets du 15 août 1941 relatifs à l'organisation des enseignements classiques et des enseignements modernes ; arrêté du 17 août 1941, relatif aux horaires de l'enseignement secondaire public et arrêté du 22 septembre 1941, fixant les programmes transitoires de l'enseignement secondaire.

¹⁵⁹ Décret du 7 mai 1942, relatif au baccalauréat.

¹⁶⁰ Ordonnance du 9 août 1944, *JO* du 12 septembre 1944.

¹⁶¹ Arrêté du 27 juin 1945, *BOME*, N°38, p. 2560., modifié par les arrêtés du 13 juillet 1946 et 13 août 1946, relatifs aux horaires des établissements du second degré.

¹⁶² Arrêté du 13 octobre 1951 fixant les horaires et programmes de la classe de seconde.

¹⁶³ Arrêté du 19 août 1952 fixant les horaires et programmes de la classe de première.

des fabriques, des gisements. Ce n'est pas à proprement parler une carte géologique.

L'enseignement assuré en 2^e et 1^{re} comprend des cours et des travaux pratiques ; le souci, affiché depuis la fin du XIX^e siècle, d'apprendre à observer s'appuie maintenant sur le souhait de classes dialoguées. Les élèves sont invités à rédiger par eux-mêmes leurs notes d'observation.

Le baccalauréat¹⁶⁴ comporte dans les séries C' et M' une épreuve écrite et une épreuves orale obligatoires de sciences naturelles ; en série technique B, les candidats passent un oral obligatoire de sciences naturelles.

2.3.3. Un enseignement de la cartographie géologique

La réforme de 1959 : établissement de cartes locales

La réforme de Jean Berthoin¹⁶⁵ prolonge la scolarité obligatoire jusqu'à 16 ans et réorganise l'enseignement public obligatoire. Il comporte trois cycles : le cycle élémentaire de 5 ans, le cycle d'observation de deux ans (6^e et 5^e) et le cycle terminal qui se solde par un diplôme de fin d'études obligatoires. L'enseignement secondaire se découpe en un enseignement général long (classique, moderne et technique) sanctionné par le baccalauréat, un enseignement général court (les CC sont remplacés par les CEG, qui assurent un enseignement de 5 ans) sanctionné par un brevet d'enseignement général (le « brevet ») et un enseignement professionnel (suivi à l'issue d'une 5^e et assuré dans des CET) sanctionné par un certificat d'aptitude professionnelle (CAP).

Les programmes restent très proches de ceux de 1938. **La géologie** des classes de 4^e de l'enseignement général, porte toujours sur l'étude des principales roches de la région et sur l'étude, dans le cadre local ou à partir de documents photographiques, des phénomènes géologiques d'origine interne ou externe. Elle développe l'histoire de la terre (l'étude des périodes géologiques avait été introduite en 1941) en s'intéressant à l'étude pratique des âges relatifs et à la succession des faunes et flores.

Innovation, le programme ajoute que ces diverses notions doivent être alors utilisées pour comprendre la géologie locale, et doivent permettre « l'établissement d'une carte géologique locale très simple ». Il introduit également des éléments de géologie appliquée en insistant sur la constatation de liens entre la végétation spontanée, les cultures et les formations géologiques. **L'étude cartographique** va donc bien au-delà de l'étude de la carte géologique de la France, au demeurant au programme. La carte géologique au 1/80 000 est *quasi* achevée à cette époque, et la troisième édition de la carte au 1/1 000 000 est parue en 1955. La couverture au 1/50 000 n'est, par contre, toujours pas disponible : elle se réduit à quelques feuilles.

Ce programme est une incitation à développer des études pratiques de terrain dans l'optique de construire une carte géologique : une étape supplémentaire est franchie, au moins dans les textes, dans l'enseignement de la carte géologique. L'heure de travaux pratiques de quinzaine et les excursions géologiques peuvent trouver un prolongement dans la réalisation d'une synthèse sous forme cartographique.

Les sciences naturelles disparaissent des classes de 2^e, l'enseignement des classes de 1^{re} ne comprend plus d'éléments de géologie, et l'approche paléontologique de l'évolution ne persiste que dans le programme de la terminale sciences expérimentales. A chaque réforme, la place des sciences naturelles est révisée.

¹⁶⁴ Décret du 13 octobre 1952, relatif aux nouvelles séries du baccalauréat de l'enseignement secondaire pour les sessions de 1953. *B.O.E.N.*

¹⁶⁵ Décret du 6 janvier 1959 relatif à la réforme de l'enseignement public. *BOEN*, t. 1, p. 45

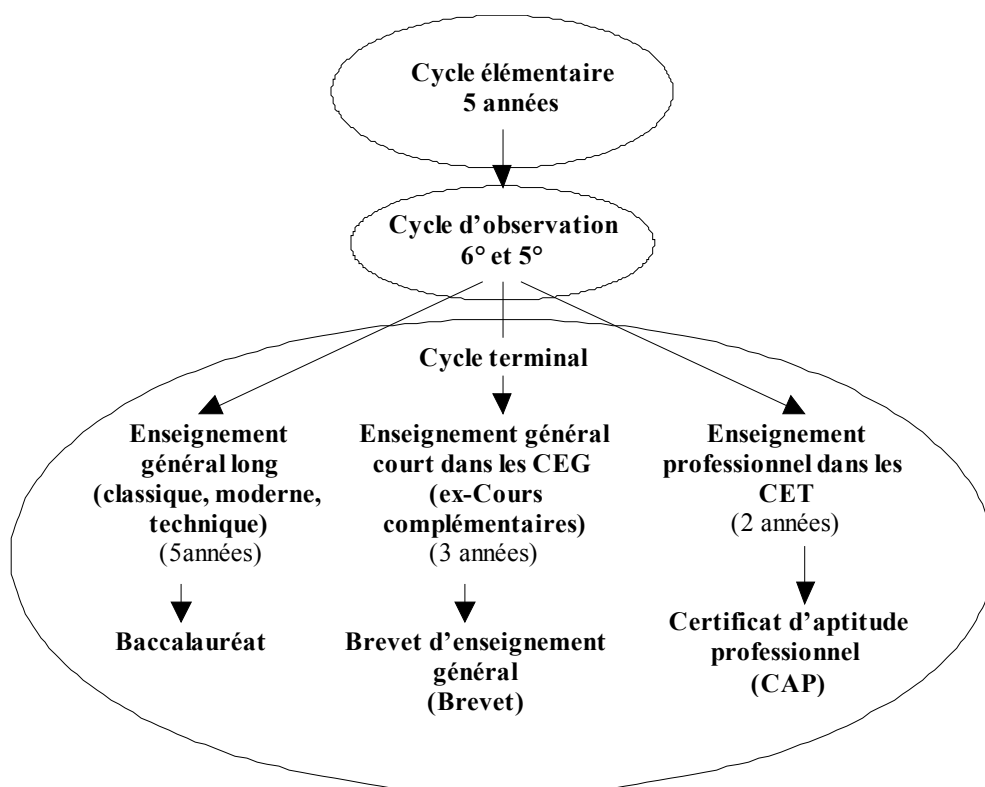


Figure 10 : Organisation de l'enseignement suite à la réforme Berthoin (1959)

Ces programmes dureront jusqu'à la réforme de 1965. La création de collèges d'enseignement secondaire (CES), prévue dans le décret du 6 janvier 1959, ne se fera qu'en 1963 (Réforme Fouchet). Ils regroupent dans un même établissement tous les types d'enseignement correspondant au premier cycle du secondaire (classique, moderne des lycées, moderne des CEG, classes de transition et classes terminales pratiques), sans que les programmes ne soient modifiés.

La réforme de 1959 marque, au delà des modifications du programme de géologie, un tournant social dans l'histoire de l'enseignement secondaire¹⁶⁶.

La réforme de 1965 : les « années d'or » de l'enseignement de la carte géologique

La réforme¹⁶⁷ du 10 juin 1965 réorganise l'enseignement des lycées en simplifiant le nombre des filières. Dorénavant, la seconde comprend trois filières : une filière littéraire (A), une filière scientifique (C) et une filière technique (T). A la rentrée 1966 se mettent en place les classes de premières A, B, C, D et T. Les sciences naturelles sont assurées en 1^{re} A et 1^{re} B, à raison de 2 heures, et en 1^{re} D, à raison de 3 heures par semaine. A la rentrée 1967, c'est au tour des classes de terminales : la TC a 2 heures de sciences naturelles et la TD, 4 heures. La section D va constituer au fil des années la section « sciences naturelles ».

Les programmes¹⁶⁸ de 1^{re} A et 1^{re} B portent sur la biologie humaine. Le programme de 1^{re} D est le plus ambitieux programme de géologie enseigné jusqu'alors. Intitulé « quelques aspects de la connaissance de la Terre », il comporte en introduction à la géologie :

Analyses comparées de cartes (topographiques et géologiques) et de photographies aériennes régionales.

Analyses comparées des cartes géologiques et de géographie physique de la France au 1/1 000 000.

¹⁶⁶ Pour une analyse détaillée de cette réforme voir SEGRE, M. 1973. L'école et les contradictions de la classe dominante. Thèse 3^e cycle. Paris, Université René-Descartes.

¹⁶⁷ Décret et arrêté du 10 juin 1965. BOME. pp. 1372-1373.

¹⁶⁸ Arrêté du 26 juillet 1966, relatif aux programmes des classes de première et de terminale. BOME. pp. 1746-1761.

L'étude porte ensuite sur des notions de pétrographie, et renvoie à la répartition des roches sur la carte géologique de la France. Elle comporte enfin des notions de paléontologie et de micropaléontologie. L'approche des notions de stratigraphie s'appuie sur « l'établissement, à partir d'une carte au 1/50 000 de préférence, d'un profil topographique et de la coupe correspondante, dans un bassin sédimentaire ». Elle cherche à montrer l'importance de la stratigraphie pour l'établissement d'une chronologie relative, en s'appuyant sur l'étude des cartes géologiques. L'étude des mouvements de l'écorce terrestre (notions de tectonique) s'appuie également sur la construction d'un profil topographique et de la coupe géologique correspondante à partir de la carte au 1/50 000. C'est aussi le cas pour l'étude des paysages (notions de géomorphologie). Le programme traite enfin des sols (aperçu sur leur genèse) et cherche à établir une synthèse régionale.

La carte géologique est l'outil de prédilection. Chaque étude s'appuie sur la carte et ne se contente pas d'une utilisation illustrative. Sur les trois heures d'enseignement, deux sont consacrées aux travaux pratiques. La référence aux cartes géologiques de détails au 1/50 000 peut paraître surprenante en 1966. Moins d'une centaine sont alors parues sur les 1060 que doit comprendre la couverture. Les contenus présentent peu d'unité.

En classe de TD et de TC, le programme de sciences naturelles porte sur la biologie ; le cours sur l'évolution s'appuie en TD sur quatre chapitres de paléontologie.

La réforme crée les collèges d'enseignement secondaire (CES). Ils regroupent dans un même établissement des enseignements classique, moderne et de cycle général court, des classes de transition et des classes terminales pratiques. Se côtoient alors pour le premier cycle du secondaire trois types d'établissement : des CES, des CEG et des lycées.

A la rentrée 1968, une circulaire vient modifier non pas le contenu des programmes de 6^e, mais la démarche pédagogique et les moyens¹⁶⁹. La nouvelle classe de 6^e, commune à tous les élèves, prévoit sous le titre biologie (Initiation expérimentale), un enseignement de 2 heures hebdomadaires sous forme de travaux pratiques exclusivement (dédoublage des classes). L'élève doit être mis en situation expérimentale, c'est à dire « concevoir, réaliser des expériences et en exploiter les résultats ». Il est question de « méthodes actives », l'élève doit être l'acteur essentiel des exercices depuis le choix initial jusqu'à ces conclusions. Il est fait appel à un enseignement dialogué et de ce fait une plus grande liberté est laissée aux professeurs dans le choix des thèmes d'étude et de l'organisation du travail. Ce type d'enseignement rejoint complètement les travaux scientifiques expérimentaux¹⁷⁰ prévus dès 1960 au programme des classes de 6^e et 5^e.

Le même type d'enseignement est mis en place en 5^e à la rentrée 1969. A la rentrée 1970, l'enseignement de 4^e consacré à la géologie se déroule sous forme de travaux dirigés à raison de 1 heure par semaine. Le programme est toujours celui de 1959 (peu modifié depuis 1938) avec cette évolution pédagogique et cette plus grande liberté d'innover laissée aux enseignants. Il préconise :

A partir d'observations faites sur le terrain et sur la carte géologique, utilisation des notions précédemment acquises à des essais de compréhension de la géologie régionale. Etablissement progressif d'une carte géologique simple.

Les textes incitent à un véritable travail pratique utilisant la carte géologique pour préparer et/ou compléter les nécessaires études sur le terrain. Il s'agit donc d'un travail de lecture nécessitant une initiation préalable au décodage des informations (compréhension et utilisation de la légende). A cette utilisation s'ajoute la **réalisation d'une carte géologique simplifiée** c'est à dire, dans ce cas, l'encodage des informations issues des observations de terrain, des travaux et des discussions

¹⁶⁹ Circulaire N°IV, 68-521, du 17 octobre 1968 : instructions relatives à l'enseignement de la biologie (initiation expérimentale) en 6°I et 6°II (ex-classes de 6° classique et 6° moderne 1 et 2) pour l'année scolaire 1968-1969.

¹⁷⁰ Circulaire du 8 septembre 1960 relative à l'arrêté du 20 juillet 1960 sur les travaux scientifiques expérimentaux au programme des classes du cycle d'observation.

en classe. Bien que l'horaire soit limité à 1 heure par semaine, la liberté d'organisation permet un apprentissage de la carte géologique.

1975 : la réforme du « collège pour tous »

La loi du 11 juillet 1975 (la réforme Haby)¹⁷¹ unifie les CEG et CES, supprime les filières dans les collèges et organise le passage automatique de l'école au collège.

L'enseignement de sciences expérimentales en 6^e et 5^e cherche à développer les qualités d'observation (souci constant), d'analyse et de synthèse, « permettant ainsi l'éducation d'un raisonnement logique » ; l'imagination, l'esprit de création sont des qualités qui doivent être cultivées particulièrement pour l'apprentissage de l'expérimentation. En 4^e et 3^e, il cherche à développer la rigueur et l'abstraction pour conduire l'élève à une synthèse en fin de collège. Cet enseignement se fait sous forme de travaux pratiques uniquement : 2 heures par semaine en 6^e et 5^e, et 1 heure par semaine en 4^e et 3^e. La démarche est celle déjà adoptée les années précédentes. L'enseignement de la géologie se répartit sur deux années : en 4^e et en 3^e. Pour la première année la priorité est donnée à l'observation ; l'abstraction est réservé à la deuxième année.

La géologie de 4^e commence par l'observation et l'analyse d'un paysage local, se poursuit par une étude de quelques roches locales et par une étude des phénomènes géologiques qui ont modelés le paysage observé. La dimension historique est abordée à travers l'étude, à l'occasion, de fossiles et le constat d'une superposition des couches. La carte topographique est utilisée pour le report géographique des observations ; de même la **construction d'une carte géologique** peut être esquissée. L'utilisation pédagogique de la carte géologique est précisée : « la carte géologique, compte rendu dense, abstrait, au langage codé difficile, ne peut être l'outil de l'investigation initiale du paysage », (...), « une première initiation pourra cependant être pratiquée au moment des premières synthèses »¹⁷² à la fin de l'année de 4^e. L'ébauche de carte géologique, ainsi obtenue, « est avant tout l'apprentissage du compte rendu en langage géologique codé, un premier pas vers une abstraction plus poussée ». Sa valeur synthétique et ses possibilités d'outil prévisionnel en font avant tout un outil pour la classe de 3^e.

Le programme de géologie de la classe de 3^e est centré sur la reconstitution de l'histoire géologique de la région. « C'est sans doute à ce moment que l'initiation à la carte géologique, qui n'a pu qu'être effleurée antérieurement, puis son usage comme outil prévisionnel se situent le mieux. Selon le niveau des élèves et la complexité de la région, on poursuivra la construction amorcée en 4^e ou on se limitera à la mise en place des grands ensembles structuraux en fonction des principes géologiques établis. **La carte géologique accompagnera chaque séance** plutôt que d'être l'objet d'une étude ponctuelle et dense. Les coupes géologiques ne seront réalisées que dans les cas les plus simples, quand les documents seront susceptibles de les concrétiser (vue d'une carrière).¹⁷³ »

La carte géologique s'impose comme objet d'étude. Son rôle est clairement défini dans les instructions officielles. Reprise en main par le Bureau de Recherche Géologique et Minière, la publication de la couverture au 1/50 000 est bien avancée à cette date (63 % du territoire). A la quatrième édition de la carte au 1/1 000 000 de 1968 succède en 1980 une carte géologique de la France et des marges continentales. Modernisée, elle intègre les interprétations nouvelles liées à la théorie de la tectonique des plaques.

Ces nouveaux programmes entrèrent en application à la rentrée 1979 pour les 4^e et à la rentrée 1980 pour les 3^e.

¹⁷¹ Loi du 11 juillet 1975 relative à l'éducation, *BOME*, n°29.

¹⁷² Arrêté du 16 novembre 1978, relatif aux programmes des classes de 4^e et 3^e. *B.O.* N° spécial 4 bis du 11 janvier 1979, p. 454.

¹⁷³ *Ibid.*

2.3.4. Le recul de l'enseignement de la carte

La réforme des lycées : 1980-1982

Les programmes des lycées d'enseignement général sont modifiés avec la création à la rentrée 1981, d'une seconde indifférenciée,¹⁷⁴ qui devient de ce fait une plate-forme d'orientation. Les sciences naturelles (ou sciences biologiques et géologiques) font partie des disciplines obligatoires : le programme porte sur les relations entre les êtres vivants et l'étude d'écosystèmes. La mise en oeuvre de cet enseignement fut différée à la rentrée de 1983 avant d'être abandonnée en 1987¹⁷⁵.

A la rentrée de 1982, est créée une classe de 1^{re} S, qui regroupe les élèves des *ex* 1^{re} D et 1^{re} C. Le nouveau programme¹⁷⁶ de sciences naturelles, en continuité avec celui de la classe de 2^e, associe des études sur la transformation de la matière vivante à l'échelle de l'organisme et une étude des « aspects synthétiques essentiels des sciences de la terre. »

Les programmes souhaitent mettre l'accent sur les « aspects historiques et développer l'esprit de synthèse et d'abstraction. »¹⁷⁷ Il faut entendre par « aspect historique » une étude de la diversité des roches précisant leur genèse. Ces études doivent être « au service d'intentions plus vastes ouvrant sur des notions générales : (...) reconstitutions paléocéologiques et paléogéographiques. Les divers outils du géologue, même codés et abstraits, telle la carte géologique pourront être utilisés dès la sortie sur le terrain. » Cette première partie du programme de géologie est « essentiellement consacrée aux faits¹⁷⁸ de terrain (gisements) susceptibles de mettre en évidence les relations des roches entre elles, au sein d'un même groupe ou entre groupes différents. » **La carte géologique** serait prise comme un recueil de faits de terrain, comme un substitut possible aux observations de gisements (affleurements) ? Cette première partie doit permettre d'établir, les relations entre différentes catégories de roches et donner un aperçu de la structure superficielle de l'écorce terrestre. L'étude des causes des phénomènes conduit alors à reprendre les raisonnements qui ont conduit à la théorie de la tectonique des plaques. Il y a un saut d'échelle très important entre l'étude locale et la tectonique globale que les programmes ne prennent pas en compte. Il n'est pas fait mention à ce stade d'une utilisation de cartes géologiques. Elles pouvaient pourtant aider à combler ce fossé. Sa place dans l'enseignement est donc bien en retrait par rapport à celle qu'elle occupait en 1^{re} D.

La création de la classe de première scientifique marque le déclin de l'enseignement de la carte géologique et l'installation de celui du modèle de la tectonique des plaques. Géologiquement rien ne devrait pourtant les opposer. Scientifiquement l'opposition se fit belle et bien, comme épiphénomène d'une « querelle des anciens et des modernes. »

L'enseignement de la géologie ne trouve toujours pas de prolongement véritable en classe de terminale. L'étude en TD de l'évolution des êtres vivants fait appel à des données empruntées à la paléontologie, mais cela ne va pas au-delà du programme de 1965. L'enseignement de sciences naturelles de la TC ne porte que sur la biologie.

1987

¹⁷⁴ Arrêté du 31 octobre 1980 : Organisation des enseignements et aménagement des horaires de la classe de seconde des lycées. *BOEN*, N°41 du 20 novembre 1980. pp. 3282-3285. et arrêté du 26 janvier 1981, relatif au programme de la classe de seconde, *B.O.* N°45 du 10 décembre 1981. p. 3865.

¹⁷⁵ Arrêtés des 14 mars 1986 et 30 juin 1986, modifiant les programmes des classes de seconde et *B.O.* N° spécial 1 du 5 février 1987.

¹⁷⁶ Arrêté du 9 mars 1982, relatif aux programmes des classes de première et de terminale, *BOEN*, N° spécial 3, du 22 avril 1982. p. 71. et *B.O.* N°32 du 16 septembre 1982, p. 2909. et *B.O.* N°38 du 28 octobre 1982, p. 3690.

¹⁷⁷ Ministère de l'Éducation Nationale et CNDP. 1986. Sciences naturelles, classes de seconde, première et terminale : horaires/objectifs/programmes et instructions. CNDP, Paris.

¹⁷⁸ Soulignement personnel.

Les sciences naturelles s'appellent alors sciences et techniques biologiques et géologiques. Au programme d'écologie de la classe de seconde est substitué en 1987 un programme¹⁷⁹ associant des notions d'éthologie, avec des notions de physiologie végétale (conditions de la production de biomasse) et des notions sur la formation et l'exploitation de ressources géologiques. L'enseignement de ces notions géologiques cherchent à sensibiliser les élèves aux problèmes posés par l'utilisation du milieu naturel. Cette partie du programme est centrée sur la géologie au service de l'homme¹⁸⁰ et de la protection de son environnement.

Un premier chapitre doit traiter de la fossilisation de l'énergie solaire à partir de l'étude de la formation d'une roche carbonée. Un second est centré sur la formation d'un gisement sédimentaire. Un troisième est consacré aux ressources en eau (nappes libres et nappes captives). Ces trois études s'appuient sur des documents pour caractériser les gisements. Curieusement les instructions et compléments aux programmes ne mentionnent pas plus la carte que d'éventuelles sorties de terrain. Le texte insiste pourtant « sur un contact avec le réel » et sur un renforcement des activités pratiques.

On notera que la carte géologique fut introduite dans les programmes à la fin du XIX^e siècle à la faveur d'un enseignement technique de type « la géologie au service des hommes » et qu'un siècle après, pour un contenu semblable dans l'esprit, elle est ignorée.

1988 : retrait de la carte des programmes de collège

Les programmes des collèges sont révisés¹⁸¹ en 1985 et appliqués en 4^e à la rentrée 1988. La géologie doit représenter 4/5 de l'année scolaire. La présentation des objectifs de cet enseignement s'est muée en une exposition de ses « vertus » pédagogiques, à moins qu'il ne s'agisse d'un éloge funèbre.

L'enseignement de la géologie développe tout particulièrement le sens de l'espace et celui de l'ampleur du temps. [II] perfectionne la maîtrise des techniques, l'aptitude à la communication, la curiosité et l'esprit d'observation, les capacités d'analyse. Il développe tout particulièrement l'imagination créatrice, les capacités de raisonnement et de déduction, le sens de l'espace et celui de l'écoulement du temps, l'ampleur des synthèses et l'aptitude à l'abstraction. [II] assure autant une connaissance régionale, une compréhension de l'environnement, un affinement du sens des responsabilités qu'une perception à un premier niveau, de la dynamique et de l'histoire de la Terre, dans une vision moderne de l'évolution de la science. Il rend l'élève capable d'adopter le comportement du géologue, donc l'attitude scientifique au contact des régions découvertes et des objets géologiques récoltés lors de ses activités scolaires.

Après un tel plaidoyer quel contenu d'enseignement est proposé ? L'accent est porté sur une prise de conscience de l'élève de l'importance de la géologie dans son environnement (terme qui conserve la faveur des programmes). Concrètement il s'agit, pour le premier chapitre, de partir d'observations géologiques locales et régionales pour montrer la diversité des roches et leurs utilisations. Les relations entre géologie et aménagement du territoire doivent être mises en valeur. L'étude de roches sédimentaires doit conduire à établir une paléogéographie « dont l'évolution dans le temps permettra d'expliquer la succession des formations, dégageant ainsi le principe de superposition. » Les chapitres suivants traitent du volcanisme, des séismes et de la déformation des roches, et conduisent à une présentation de la théorie de la tectonique des plaques comme modèle explicatif des phénomènes sédimentaires, volcaniques et métamorphiques observés.

Il est rappelé avec insistance que cet enseignement est essentiellement fondé sur des travaux

¹⁷⁹ B.O. spécial n°1 du 5 février 1987, et B.O. spécial n°3 du 9 juillet 1987, relatif au programme de Sciences et techniques biologiques et géologiques de la classe de seconde. pp. 59-65. Programme appliqué dès la rentrée 1987.

¹⁸⁰ Directement inspirée du Colloque de la SGF « La géologie au service des hommes », des 4 et 5 mai 1985 à Saint-Cloud.

¹⁸¹ Arrêté du 14 novembre 1985, relatif aux programmes des classes des collèges. BOEN, n°44 du 12 décembre 1985, p. 3129 et : Ministère de l'éducation nationale. 1985. Collèges : programmes et instructions. Paris : CNDP/MEN, pp. 269-279. Supplément au B.O. n° 25 du 30 juin 1988. pp. 131-137.

pratiques sur le terrain et en laboratoire. Ces travaux pratiques initient, par exemple, à la détermination d'échantillons à l'aide de clés de détermination. Chaque chapitre doit s'appuyer sur une confrontation de documents à diverses échelles (planétaire, régionale, locale et ponctuelle). L'utilisation de **cartes géologiques** semble alors des plus pertinentes (diversité des roches locales et régionales, reconstitution paléogéographique, étude à diverses échelles), mais il n'est pas fait mention de celle-ci. On peut relever un décalage entre les intentions affichées et l'imprécision des moyens proposés pour les réaliser.

Les éléments de géologie historique disparaissent de la classe de 3^e¹⁸² qui est désormais entièrement consacrée à un enseignement de biologie humaine. Considérée dans le précédent programme comme l'année du travail sur la carte géologique, cet enseignement disparaît ni plus ni moins. Il n'est donc plus fait mention de la carte géologique dans les programmes de collège à partir de cette réforme. S'achève ainsi une période de 30 ans.

Les programmes de 1^{re} sont également réformés. L'étude descriptive du globe est remplacée par une étude dynamique. Le maître mot du programme est « l'énergie ». On étudie la mobilité de la lithosphère, la transformation et les mouvements de matière. La carte géologique n'est pas citée, alors qu'il est écrit : « Cet enseignement valorisera le va-et-vient entre le réel complexe, les faits d'observation et d'expérience d'une part, les modèles explicatifs d'autre part. Les élèves seront ainsi amenés à saisir l'ampleur des échelles d'espace et de temps nécessaire au développement des raisonnements ». On ne peut qu'à nouveau s'étonner que la carte ne soit pas associée à un travail sur l'espace et le temps, dimensions qu'elle regroupe pourtant, et mieux sans doute que tout autre document.

Les programmes des classes de Terminale¹⁸³, appliqués à la rentrée 1989, restent axés sur la biologie. En Terminale D, toutefois, le dernier chapitre consacré à l'évolution s'appuie sur des éléments de géologie (évolution de l'atmosphère, mobilité de la lithosphère). C'est en fait une reprise d'éléments de la classe de 1^{re} S pour expliquer l'existence de modifications des milieux. C'est une continuité des programmes de 1965.

1993

Les programmes de Seconde et de Première sont modifiés à la rentrée 1993¹⁸⁴. En Seconde, les Sciences de la Vie et de la Terre (SVT), nouvelle appellation de la discipline, introduisent des notions de planétologie comparée, mais réduisent l'enseignement de géologie proprement dite, à l'étude de l'approvisionnement en eau douce et à l'étude d'un sol. On trouve, parmi les activités envisageables, une proposition d'étude de nappe phréatique ou d'un réservoir à partir de données cartographiques. S'il s'agit d'une carte, c'est une carte d'hydrogéologie.

La classe de 1^{re} S comprend désormais, en plus de l'enseignement obligatoire de 3 heures (1 h ½ TP et 1 h ½ de cours), un enseignement optionnel de deux heures de SVT, sous forme de travaux pratiques. L'enseignement obligatoire des Sciences de la Terre s'étale sur un trimestre. Dans le cadre de la théorie de la tectonique des plaques, le programme traite de géodynamiques externe et interne et aboutit à un bilan général du fonctionnement « de la machine Terre ». Les aspects physico-chimiques de cette étude sont particulièrement marqués et suivent en cela l'évolution de la discipline scientifique.

Un tel enseignement, très modélisateur, ne peut que s'appuyer fortement sur des documents.

¹⁸² B.O. du 14 novembre 1985

¹⁸³ B.O. n° 21 du 2 juin 1988, relatif aux programmes des classes de première et de terminale. pp. 49-54.

¹⁸⁴ Arrêté du 10 juillet 1992, B.O. N°32 du 6 août 1992, et, Nouveaux programmes des classes de seconde, première et terminale des lycées. B.O. Hors série du 24 septembre 1992. pp. 47-67. Les nouveaux programmes de seconde et de première sont mis en oeuvre à la rentrée 1993, ceux de terminale, à la rentrée 1994.

Lorsque les textes d'accompagnement aux programmes¹⁸⁵ rappellent qu'il faut s'appuyer le plus possible sur des faits de terrain, c'est de faits relatés qu'il s'agit et non de faits établis par un travail sur le terrain. La carte géologique n'est pas notifiée explicitement comme l'un de ces documents. On étudie les paramètres physico-chimiques des roches, de leur mise en place ou de leur altération. Mais on n'étudie pas leur répartition ou leur disposition relative à l'échelle locale ou régionale, c'est à dire aux échelles où la carte propose des informations complémentaires. Le saut d'échelle signalé dans les programmes de collège se retrouve également dans ceux des lycées : on passe de l'étude de l'échantillon à celle des contextes géodynamiques, sans transitions. Ceci n'est pas pour faciliter la maîtrise conceptuelle de l'espace géologique.

Les textes parlent encore beaucoup d'observations, voire d'observations « directes » alors qu'il s'agit d'observations « par procuration. » On ne touche pas physiquement « du caillou », on ne manipule pas des objets réels, on est dans le domaine de l'abstraction et de la modélisation. Ce qui importe c'est la compréhension du modèle et de ses justifications.

L'enseignement optionnel (sciences expérimentales) renferme un thème de géologie, il est consacré à l'étude de ressources énergétiques et de substances utiles à l'homme. Il s'agit en fait d'une reprise, au moins dans la thématique, de l'étude de géologie appliquée (la géologie au service de l'homme) du programme de seconde de 1987. La localisation des gisements renvoie à l'utilisation de cartes géologiques sans en préciser l'utilisation : rôle d'illustration ?

Alors que les programmes officiels sont devenus de plus en plus imposants par le détail des contenus, des objectifs cognitifs, des activités envisageables et de la découpe horaire des enseignements, la place explicitement allouée à la carte géologique est de plus en plus imprécise. C'est un peu comme ces objets de famille, qu'on n'ose pas jeter parce qu'ils font partie du décor et de l'histoire et parce que ne sachant qu'en faire (ou parce que jugés vieillots), on laisse ici où là au gré de chacun. Quoi qu'il en soit, après les années de 1^{er}D, cette place est négligeable.

1994 : création de la terminale S

Les classes de terminales C et D sont regroupées en une classe unique, la terminale S, avec trois options (spécialités) différentes. Cette classe comprend un enseignement obligatoire de SVT¹⁸⁶, à raison de 1h30 de cours et 2h de TP par semaine. La cinquième partie du programme porte sur l'histoire géologique et l'évolution biologique de la Terre. L'histoire géologique en question fait le lien entre la dynamique des masses continentales (étudiée en 1^{er}S) et l'évolution des milieux et des espèces. Elle intéresse également aux crises biologiques et coupures géologiques. Ces contenus ne font pas appel à la carte géologique. En revanche, l'enseignement de spécialité, à travers le thème intitulé « les roches, produits et témoins du temps », peut s'appuyer sur des cartes. Ce thème cherche à montrer à la fois comment les roches peuvent renseigner sur la chronologie des événements géologiques et refléter les conditions thermodynamiques de leur formation. L'approche pratique de la chronologie relative, à diverses échelles, peut être (activité envisageable) l'occasion d'un travail sur la carte.

Ces programmes de géologie de collèges et de lycées sont encore en vigueur à cette date. L'actuelle mise en place de nouveaux programmes en collèges devrait toucher la classe de 4^e à la rentrée 1998.

2.4. Bilan sur l'enseignement de la carte géologique à travers les textes et programmes officiels

¹⁸⁵ Documents d'accompagnement des programmes des classes de lycées transmis aux enseignants par voie hiérarchique à la rentrée de 1995. Ils ont été élaborés puis modifiés par le groupe technique disciplinaire (GTD) de SVT.

¹⁸⁶ Arrêté du 8 avril 1994 et B.O. N°6 du 9 juin 1994.

A la lecture des textes et des programmes depuis deux siècles, on ne peut manquer d'être impressionné par la multitude des réformes, modifications et aménagements de toutes sortes qui se succèdent. L'enseignement sous cet aspect ne semble pas figé. On ne peut manquer, également, de noter que les contenus et les méthodes ont toujours fait l'objet de discussions. On conspuait des programmes trop chargés, on reprochait à l'enseignement d'encombrer l'esprit des enfants de choses inutiles, on opposait les vertus d'une discipline à une autre, on regrettait que l'enfant ne participe pas plus, qu'il ne soit pas au premier plan ou au coeur du dispositif...

Force est de constater que ces discours n'ont pas d'âge. L'histoire de l'enseignement doit contribuer à la réflexion d'aujourd'hui, l'éclairer des débats d'hier, l'enrichir des pistes explorées et des impasses révélées. Bien des contenus ont été abandonnés, bien des méthodes ont été modifiées sans qu'on sache pourquoi, sans qu'on ait tiré de bilan. Cette histoire témoigne, pour qui en aurait douté, d'un souci permanent de ses acteurs de chercher à améliorer l'enseignement. Elle témoigne en même temps de lenteurs, d'immobilismes, de réticences à changer des méthodes ou à remettre en question des contenus de savoirs. A d'autres moments, les modifications des programmes ou des filières sont si brutales qu'il faudrait un éclairage historique, une recontextualisation pour les expliquer.

Nombreux aujourd'hui sont les avis « autorisés » qui nous disent que l'école ne s'est jamais préoccupée des vrais problèmes ou que notre enseignement des sciences est un fiasco parce qu'on ne place pas l'élève en situation de découvrir ou d'expérimenter... Sans juger de la pertinence de leurs bilans actuels, on ne peut que regretter leur méconnaissance de l'histoire de notre enseignement, qui leur fait prendre pour solution révolutionnaire des démarches déjà envisagées, voire appliquées, mais passées aux oubliettes de l'histoire sans bilan préalable.

2.4.1. Résumé de deux siècles d'enseignement

A la lecture rapide de ces textes et programmes officiels d'enseignement, on relève la part tout à fait restreinte de notre objet d'étude : la carte géologique. Elle n'occupe souvent que quelques lignes, voire n'apparaît que sous la désignation générale de carte, bien qu'elle s'inscrive régulièrement dans les textes.

De 1848 à 1891, la carte géologique départementale est exposée dans le cadre de l'enseignement spécial. Il s'agit d'en tirer les informations économiques. Elle constitue un répertoire de données qu'il importe de faire connaître à des élèves destinés à des métiers et emplois dans l'industrie et l'agriculture¹⁸⁷. Cet enseignement disparaît lors de l'alignement des programmes avec ceux de l'enseignement secondaire classique.

La carte géologique de France au 1/1 000 000 fait une timide apparition de 1880 à 1885 dans les classes de 4^e de l'enseignement secondaire classique. Elle sert d'appui à un commentaire sur la géologie de la France. L'exercice persiste par la suite sous divers intitulés : à partir de 1923, il est question d'un discours sur les sols de France.

La carte est citée à nouveau en 1920, dans le programme de 2^e année des EPS. Elle donne lieu à des exercices de lecture et à des constructions de coupes. L'alignement des programmes des EPS avec ceux de l'enseignement classique en 1923 s'accompagne de l'introduction d'un enseignement de la carte géologique dans le secondaire classique (en classe de 4^e). Des notions sur

¹⁸⁷ Cette ouverture de l'enseignement sur l'économie et les techniques se retrouve d'une manière plus générale dans l'enseignement des sciences de cette période. Voir à ce propos, BELHOSTE, B. 1989. Les caractères généraux de l'enseignement secondaire scientifique de la fin de l'Ancien Régime à la Première Guerre mondiale. *Histoire de l'Education*, N°41, janvier 1989, pp. 3-45. Pour l'auteur, à cette période d'influences industrialistes succède, après 1890, une période d'humanisme scientifique d'inspiration positiviste. En même temps s'engage une intense réflexion sur les contenus disciplinaires et les méthodes d'enseignement. La Première Guerre mondiale interrompt le mouvement de rénovation engagé au début du siècle. L'enseignement scientifique du secondaire va alors vivre sur les acquis de la réforme de 1902 jusqu'au lendemain de la Seconde Guerre mondiale.

le contenu de la carte, on passe en 1938 à l'étude des terrains et aux premiers travaux sur carte (coupes ?). La réforme de 1959 introduit un nouvel exercice : l'établissement d'une carte géologique locale simplifiée. Il persiste jusqu'en 1988, avec une ambition moins marquée à partir de 1979. De 1980 à 1989, la carte géologique devient un objet d'accompagnement de l'étude de la géologie en classe de 3^e. L'enseignement comprend une initiation à sa lecture, avec construction de coupes.

La classe de 1^{re} D, créée en 1966, est un autre symbole de l'enseignement de la carte. On y réalise des analyses comparées entre cartes topographiques et géologiques, on en étudie le contenu, on en extrait des informations sédimentologiques, pétrographiques, tectoniques, chronologiques, en s'aidant de coupes lorsque cela est utile. La carte géologique de la France fait à nouveau partie de l'apprentissage. Appuyé sur un premier contact avec la carte en classe de 4^e, cet enseignement de lycée est le plus dense qui fut. Il s'achève avec la disparition de cette classe et son remplacement par la 1^{re} S. Elle est citée dans les programmes de cette classe jusqu'en 1988, mais seulement comme un élément pour les études de terrain.

2.4.2. Les utilisations de la carte

La carte comme répertoire technique

La carte est introduite dans l'enseignement spécial pour être commentée par le professeur (1848) puis utilisée par les élèves (1866) comme répertoire des terrains et des richesses géologiques. Les cartes départementales puis la carte au 1/80 000, qui servent de support à cet enseignement, renferment de nombreuses indications techniques. Elles localisent les gisements de minéraux, de minerais et de pierres de construction. Les premières précisent même l'emplacement des industries exploitant ces gisements et s'accompagnent d'une notice (un mémoire) comportant spécifiquement un répertoire des richesses géologiques des communes du département.

La carte est un répertoire, parce qu'elle répertorie les richesses. Celui-ci est technique par le codage spécialisé (la forme) et la nature (le fond) des informations présentées. L'usage qui en fait est également technique, il est réservé à l'enseignement spécial, destiné à former des cadres, pour les entreprises et les administrations, et des artisans. Cet enseignement est utilitaire par opposition à l'enseignement classique qui se veut « inutile ». L'élève doit connaître le contenu et l'usage de ce document qu'il est susceptible d'avoir à utiliser plus tard dans son travail.

Cet aspect, essentiel au XIX^e siècle, s'atténue lors de la réapparition de l'enseignement de la carte en 1920. Les cartes départementales ont laissé la place aux cartes au 1/80 000 où l'aspect répertoire est secondaire.

La carte comme illustration géographique d'un discours

En 1880, les programmes proposent une présentation de la géologie de la France appuyée sur une carte. Aucune carte murale n'est alors disponible : il est peu probable que les écoles aient disposé de celle de Dufrénoy et Elie de Beaumont. Cet exercice n'est plus indiqué dans les textes à partir de 1885, mais son remplacement par l'étude des sols de France n'est peut être qu'un changement d'intitulé. Quoi qu'il en soit l'utilisation de la carte se limite à appuyer un discours tenu à partir d'un texte et non de la lecture directe de cartes à petite échelle. Son rôle est vraisemblablement réduit à localiser géographiquement le discours.

Les cartes géologiques de la France, à petites échelles, ne sont guère citées dans les textes. En 1966, la classe de 1^{re} D propose son étude, comparée à la carte géographique de la France. Il s'agit donc d'établir des corrélations entre nature et âge des terrains qui constituent les bassins d'une part et les massifs montagneux d'autre part.

La carte comme guide de terrain

La carte est utilisée lors des sorties, ou lors de leur préparation ou exploitation. C'est le cas de 1866 à 1891 dans l'enseignement secondaire spécial et de nouveau à partir de 1938. Elle permet d'identifier les terrains (nature, âge). Cette utilisation comme aide à l'étude du terrain passe souvent à une utilisation comme substitut. Ce transfert de compétence passe sous silence la part d'interprétation contenue dans toutes cartes, et assoit l'idée d'une carte analogique.

La carte pour la production d'informations nouvelles

Le programme de 1920 de 2^e année d'EPS va plus loin dans l'utilisation de la carte, en complétant la lecture géographique de celle-ci par la construction de coupes géologiques. Une nouvelle dimension est ainsi abordée. A travers l'exercice de la coupe, l'élève représente la continuité des terrains en profondeur. Il devient dès lors possible d'étudier la disposition des terrains et leurs déformations, et de préciser la chronologie des événements tectoniques. En produisant cette troisième dimension de l'espace, on produit la dimension temporelle. Des terrains se sont déposés, ont été plissés, d'autres se sont mis en place en modifiant les précédents...

Les coupes géologiques sont citées dès 1866, en 1^e année de l'enseignement secondaire spécial, mais elles ne peuvent pas être produites à cette époque à partir des cartes disponibles. Il s'agit alors d'étudier des coupes déjà réalisées, au même titre que l'on étudie les cartes. Elles le sont à nouveau en 1920, en 2^e année d'EPS : la carte géologique au 1/80 000 est alors disponible. Avec la représentation du relief en hachures et quelques indications de pentages, elle permet effectivement la construction approximative de telles coupes. Cet exercice de coupe est particulièrement bien déterminé à partir de 1966 en 1^{re} D. L'utilisation de cartes au 1/50 000 (représentation du relief par des courbes de niveau, et parfois, nombreuses indications de pentages) améliore le résultat et son exploitation. La réalisation de coupes sert véritablement d'introduction à l'étude de la disposition des terrains, et appuie l'enseignement des principes de stratigraphie et les premiers éléments de tectonique. C'est un des exercices majeurs de la lecture technique de la carte ; il disparaît avec l'introduction de l'enseignement de la tectonique des plaques en 1982 (1^{re}), 1988 (4^e) et 1989 (3^e).

La carte géologique est également utilisée (à partir de 1966 en 1^{re} D) pour produire des informations par comparaison avec la carte topographique et des cartes de la végétation. L'élève est mis en situation d'établir des corrélations entre le sous-sol et le relief, le sous-sol et la croissance des végétaux. Il s'agit donc d'un exercice de lecture comparée des légendes.

2.4.3. La production de cartes

Le programme de 4^e de 1959, innove fondamentalement en proposant de réaliser une carte géologique simplifiée à partir des observations faites sur le terrain. L'exercice, qui sera maintenu jusqu'en 1989 en 3^e, est un apprentissage du langage codé du géologue et participe à l'apprentissage de l'abstraction. Il va de pair avec un enseignement moins dirigé. L'élève est mis en situation de faire « comme » un géologue. Cette mise en situation ne vise pas à faire de l'élève un géologue, mais cherche à lui faire acquérir des savoirs et savoir-faire qui dépassent la carte.

Le savoir enseigné : approche à travers les livres scolaires

1. Livres scolaires et savoirs enseignés

1.1 Une approche du savoir enseigné

On ne peut pas décrire précisément le savoir enseigné (contenus, méthodes) dans le secondaire en France, durant 150 ans. La diversité des conditions d'enseignement (matérielles, humaines) rend approximative toute généralisation d'étude de cas. La liste des descripteurs qu'il serait souhaitable de prendre en compte pour déterminer la valeur représentative de tentatives de ce genre montre à l'évidence que c'est là un travail d'une ampleur considérable. Bien des recherches préalables sont nécessaires pour constituer la trame d'une telle entreprise.

Une démarche classique d'approche de ces savoirs enseignés consiste à s'appuyer sur l'analyse des livres scolaires. C'est celle adoptée dans ce travail. Les cours des enseignants, les cahiers de texte des classes, les cahiers d'élèves, les rapports d'inspection, les documents pédagogiques pour la classe, pour les professeurs, les témoignages sur des pratiques en cours (revues d'associations corporatives), les matériels scolaires...sont d'autres descripteurs des enseignements réalisés. Les difficultés d'accès à certaines sources orientent rapidement les choix du chercheur. Le livre scolaire reste le plus accessible matériellement.

L'étude porte sur 150 livres scolaires, de 1843 à 1995. Ces livres ont été trouvés soit en bibliothèques (Bibliothèque nationale, bibliothèque de l'INRP, bibliothèque du Musée national de l'Education) soit chez des bouquinistes, soit chez des particuliers. En absence d'étude exhaustive sur les manuels scolaires¹⁸⁸ et de dépôt exhaustif en bibliothèque¹⁸⁹, il est difficile d'établir un échantillon statistiquement représentatif de la diversité des enseignements (classique, spécial, moderne, primaire supérieur) et de l'édition. Il est difficile par exemple de savoir si un ouvrage donné fut ou non d'un usage répandu : on ne peut que le supposer lorsqu'il est réédité de nombreuses fois.

Le corpus constitué pour cette recherche l'étant en partie par des achats, il rend autant compte d'une géographie sociale de l'enseignement que d'une représentativité nationale. On trouve beaucoup plus de livres de l'Enseignement Primaire Supérieur chez les bouquinistes de province que chez ceux de Paris, beaucoup plus sur le premier cycle que sur le second. Notre étude portant sur la carte géologique se trouve également confrontée à une perte d'information liée à l'esthétisme des cartes. Lorsqu'un ouvrage renferme une carte géologique en couleur, il est très fréquent que celle-ci manque, même pour les exemplaires en bibliothèques. De l'avis général des libraires de tels ouvrages n'ont pas la même destinée que ceux imprimés en noir et blanc et sans image. Quand on travaille sur des ouvrages anciens, épuisés et en nombre limité, ces critères, qui en d'autres cas pourraient paraître tout à fait secondaires, voire anodins, influent directement sur la constitution du corpus.

¹⁸⁸ Le département Mémoire de l'Education de l'INRP a entrepris de répertorier l'intégralité des manuels scolaires publiés en France et dans les territoires sous contrôle français de la Révolution jusqu'à nos jours. La banque de données appelée EMMANUELLE est en cours de constitution : l'inventaire des livres de science n'est pas encore achevé.

¹⁸⁹ La Bibliothèque nationale et la bibliothèque de l'INRP possèdent les fonds les plus riches. La bibliothèque de l'INRP est attributaire du dépôt légal depuis 1926. Il ne couvre que le XX^e siècle et est très incomplet : 25 à 50 % des titres publiés selon les disciplines [A. CHOPPIN (1992)]. Cette collection est en cours d'inventaire et de classement.

Tous les ouvrages en état, traitant de géologie (en éliminant les rééditions sans modifications) ont été retenus. Nous pouvions choisir dans ces conditions de ne travailler que sur un nombre limité d'ouvrages pour chaque type d'enseignement et chaque période marquée par un changement dans les programmes d'enseignement, mais le choix arbitraire n'aurait pas été plus représentatif.

L'étude porte essentiellement sur les livres scolaires au sens strict, c'est-à-dire définis explicitement comme tels par l'auteur ou l'éditeur (titre, préface), ou manifeste par la présentation ou la structure de l'ouvrage. Elle comprend également quelques livres devenus scolaires par suite d'un usage permanent et généralisé dans le contexte de l'école¹⁹⁰. Les termes de livre scolaire, d'ouvrage scolaire et de manuel scolaire sont pris comme synonymes dans le cours de cette étude. L'usage courant les a rendus tels gommant les distinctions d'origine¹⁹¹.

1.2. Une analyse des livres scolaires

L'étude des livres scolaires anciens pose un problème constant lorsqu'on cherche à établir à quel programme officiel d'enseignement, lorsqu'il en existe, ils correspondent. Il est rarement spécifié, jusqu'à la fin du XIX^e siècle, à quelles classes ils sont destinés, ou, s'il s'agit de « cours complets » destinés à tout un cycle d'études. Ils précisent parfois « conforme au programme de » telle année, mais il arrive également que certains ouvrages soient présentés comme « conformes à tous les programmes ». Il est impossible dans ce cas de savoir à quel classe ou enseignement rapporter telle ou telle partie de l'ouvrage¹⁹². On trouve également des livres au nombre d'éditions imposant sans qu'il ne soit question de révisions ou de corrections¹⁹³. Enfin se pose le problème de la date de l'ouvrage, elle ne figure pas toujours : c'est le cas de la plupart des livres scolaires de G. Bonnier édités par Paul Dupont. En dehors d'une étude sur l'édition des livres scolaires, ces imprécisions conduisent à écarter certains ouvrages des conclusions de l'analyse.

Les livres étudiés portent sur des niveaux d'enseignement comprenant dans les programmes officiels un apprentissage de la carte géologique, même minime. L'analyse consistait à chaque fois à caractériser la présentation et l'usage fait de la carte (exercice, illustration du discours, illustration non rapportée à un discours identifié...) et de l'un de ses documents dérivés : la coupe. A cette analyse s'ajoutait une évaluation¹⁹⁴ restreinte à l'adéquation : des contenus-matières aux programmes nationaux, de l'objet d'apprentissage au niveau des élèves et de la valeur scientifique du contenu. Lorsqu'une carte géologique ou un document légendé comme tel était présent dans l'ouvrage, des éléments de description étaient notés.

¹⁹⁰ CHOPPIN, A. 1980. L'histoire des manuels scolaires : une approche globale. *Histoire de l'Education*, N°9, Paris : INRP, pp. 1-25.

¹⁹¹ CHOPPIN, A. 1992. Les manuels scolaires : histoire et actualité. Paris : Hachette Education, pp. 5-17.

¹⁹² Pour l'étude des relations, souvent conflictuelles, entre les livres scolaires et les programmes officiels, on se reportera avec intérêt à CHOPPIN, A. 1986. Le cadre législatif et réglementaire des manuels scolaires. I. De la Révolution à 1939. *Histoire de l'Education*, N°29, juin 1986, pp. 21-58. ; CHOPPIN, A. 1987. Le cadre législatif et réglementaire des manuels scolaires. II. De 1940 à nos jours. *Histoire de l'Education*, N°34, mai 1987, pp. 3-36.

¹⁹³ L'ouvrage d'Histoire naturelle de J. Langlebert de 1889 en est à la 53^e édition, sans notification ni de corrections, ni de la date de la première édition.

¹⁹⁴ Cette notion d'évaluation restreinte est empruntée à : GERARD, F.-M. et ROEGIERS, X. 1993. Concevoir et évaluer les manuels scolaires. De Boeck Université. Les critères liés à l'adéquation du manuel au contexte socioculturel, à la facilité d'utilisation indiquée par les utilisateurs, aux aspects économiques et matériels de l'édition du livre n'ont pas été pris en compte. Une évaluation de manuels, au sens large, devrait recouvrir ces différents aspects.

		NB/ couleur	2D/ 3D	échelle	type de terrains figurés	observations descriptives
1	Carte géol. de la France :					
		NB/ couleur	contours/ actuels	époques	observations descriptives	
2	Carte de type paléogéographique					
		NB/coul.	localisation	observations descriptives		
3	Carte bassins houillers :					
		observations descriptives				
4	Autres cartes :					
		NB/coul.	localisation	échelle	carte d'origine	réalisable ?
5	Coupe géologique					
		type log	type carottage	type schéma explicatif	observations	
6	Coupe synthétique					

Document 1 : Fiche descriptive des cartes et coupes dans les manuels scolaires

Une étude sur la carte géologique dans les manuels scolaires¹⁹⁵ m'avait déjà permis de montrer que se côtoyaient sous cette désignation des documents très divers tant par leur contenu scientifique que par leur présentation esthétique. L'analyse de l'enseignement de la carte à travers les manuels scolaires s'est appuyée sur la constitution préalable d'une grille¹⁹⁶. Cette grille descriptive a surtout été utilisée pour caractériser les commentaires qu'il était possible de produire à partir des cartes géologiques de la France présentées dans les divers manuels. Le problème de toutes les grilles d'analyse réside dans la disparité de l'échantillon à étudier. Trop détaillées, ces grilles ne sont plus maniables, trop simples, elles ne suffisent pas à caractériser l'objet lorsqu'il est au centre de l'enseignement du manuel. En d'autres termes une même grille ne peut être à la fois pertinente pour analyser la place de l'enseignement de la carte dans un manuel du XIX^e siècle et dans un livre de 1^{re} D de 1966. Cette grille a donc été un guide plus qu'une fiche d'analyse individuelle.

L'exploitation distingue deux grandes périodes : avant 1959 et après cette date. Avant 1959, le livre scolaire est un indicateur direct des savoirs enseignés et l'enseignement de la carte géologique se réduit à peu. Après 1959, l'enseignement prend de la distance par rapport au livre, les élèves sont beaucoup plus nombreux et divers, les enseignants aussi. Avant, il y a peu de concurrence entre éditeurs, et un livre est l'oeuvre de un à deux auteurs. Après, il y a jusqu'à huit éditeurs en compétition et les livres sont des réalisations d'équipes. Que ce soit en terme de contenu de programme, de méthodes d'enseignement, d'effectifs, de structure de l'enseignement, de

¹⁹⁵ SAVATON, P. 1994. Part de l'interprétation dans la carte géologique. Mémoire de DEA, Université Paris VII. 109 p.

¹⁹⁶ De nombreux travaux, livres et articles portent sur l'évaluation des livres scolaires. Aucune des grilles proposées par ces travaux ne nous est apparue pertinente pour notre recherche, d'où la constitution d'une grille spécifique.

conditions de recrutement des enseignants, de documents pédagogiques, de documents savants de référence, de moyens matériels d'enseignement, de contexte politique, culturel, social, économique, il est possible de justifier l'étude de cet enseignement en deux grandes périodes.

La présentation de l'analyse des contenus regroupe dans la mesure du possible les ouvrages en fonction de l'enseignement proposé de la carte, pour un programme donné. Tous les ouvrages étudiés ne sont pas cités, surtout lorsqu'ils ne présentent pas d'originalité. Lorsque l'on cherche à caractériser le savoir enseigné à travers l'étude des livres scolaires, il convient de retenir les tendances communes à une majorité d'ouvrages à un moment donné. L'impact des différents livres ne nous étant pas connu, il est difficile toutefois de ne pas signaler les particularités d'un ouvrage. L'analyse est donc centrée sur les tendances générales avec notification des travaux particuliers, marginaux en apparence.

Pour la période antérieure à 1959, les livres, lorsqu'ils sont cités, sont désignés par le nom de leur(s) auteur(s) et l'année d'édition. En revanche, après 1959, ils le sont par le nom de l'éditeur et l'année d'édition¹⁹⁷. Il n'est pas possible en effet de citer tous les enseignants qui constituent les équipes de rédaction et il est peu élégant de ne citer que le premier auteur par ordre alphabétique quand il n'y a pas de directeur de collection.

Le corpus des ouvrages étudiés figure en annexe 2.

2. L'enseignement de la carte avant 1959

L'ouvrage scolaire le plus ancien étudié renfermant une carte géologique, est celui de F.-S. Beudant (1843) destiné aux aspirants au baccalauréat des classes de Philosophie. Il date probablement de 1843 et se revendique conforme au programme de 1840. Celui-ci inscrivait pour la première fois au baccalauréat des questions de géologie : connaissance des roches, formation des terrains, connaissance des minerais d'intérêt économique. La carte géologique de la France n'est pas au programme, et pour cause, celle de Elie de Beaumont et Dufrénoy ne paraît qu'en 1841. L'ouvrage de F.-S. Beudant renferme une petite carte géologique de la France en noir et blanc et plusieurs cartes qui peuvent être considérées comme des esquisses paléogéographiques : carte des dépôts houillers, répartition des terrains jurassiques, étendues des mers à différentes époques. Ces cartes, modestes dans leur allure et dans leur contenu, ne font qu'illustrer géographiquement le discours sur les roches et terrains qui s'appuie sur les travaux (carte et descriptions) de Elie de Beaumont et Dufrénoy. La référence est difficilement contournable ; la possession de leur carte par les lycées est peu probable. Il ne s'agit pas encore d'un commentaire de la carte géologique de France.

2.1. Le commentaire de la carte géologique de France

La réforme de la bifurcation en 1852 introduit un enseignement des sciences dans l'enseignement secondaire classique. Celui-ci comprend des leçons de géologie sur les différents terrains et époques géologiques. Savoir savant et savoir à enseigner sont alors réunis pour proposer le premier enseignement de la carte géologique dans le secondaire classique. Le commentaire de la carte géologique départementale est introduit dans l'enseignement spécial en 1847, mais nous n'avons pas trouvé de livre scolaire sur ce programme.

¹⁹⁷ 4^e, *Collection Eveil à la vie*, Hatier, Paris, 176 p., 1979, sera désigné dans le texte sous la forme : le livre de 4^e de chez Hatier (1979) voire le Hatier 4^e (1979). En annexe figure le corpus des livres scolaires étudiés. Il est présenté sous deux formes : par ordre alphabétique des auteurs et par ordre alphabétique des maisons d'éditions.

H. Milne-Edwards et A. Comte (1853), dans leur ouvrage destiné aux élèves de la section scientifique des lycées (programme de 1852), parlent de la carte géologique de France et la commentent comme si elle était sous les yeux des élèves. Une carte insérée dans l'ouvrage (absente de l'exemplaire de la Bibliothèque Nationale) permettait sans doute de suivre géographiquement cette description. Permettait-elle de produire le discours ? Rien ne permet de l'affirmer. Les auteurs renvoient explicitement pour plus de connaissance à la carte de Dufrenoy et Elie de Beaumont et appuient leur étude du bassin de Paris sur la carte de Cuvier et Brongniart¹⁹⁸. Le discours tenu est une reprise du discours savant.

Cet exercice de commentaire de la carte géologique de France est un classique des concours de recrutement des enseignants ; il constitue le plus ancien enseignement de la carte réalisé dans le secondaire classique.

L'ouvrage de L. Figuier « La Terre avant le déluge » (1864), n'est pas un livre scolaire au sens strict, mais son utilisation pour l'enseignement secondaire classique est assurée. L'auteur souhaitait que celui-ci serve d'introduction à l'étude de la géologie pour les élèves des Facultés des sciences. Les rééditions successives nous assurent au moins de sa large diffusion. C'est un « beau » livre, par sa présentation et son iconographie.

Il renferme des « cartes géologiques de la France aux différentes époques ». Les idées de l'auteur (empruntées ?) sur ce qui ne s'appelle pas encore la paléogéographie sont tout à fait particulières et révélatrices probablement d'un obstacle à la lecture des cartes géologiques. Ses « cartes géologiques » découlent toutes d'une carte géologique inspirée de celle de Elie de Beaumont et Dufrenoy. Pour représenter l'allure de la France au Silurien par exemple, il figure comme terres émergées l'actuelle surface d'affleurement des terrains plus anciens que le Silurien. Ainsi au cours du temps on assiste à un retrait progressif et irréversible des mers. La disparition par érosion n'est pas envisagée. C'est une erreur commune, que font souvent les étudiants, en confondant limites de dépôts et limites d'érosion. Le commentaire sur l'histoire géologique de la France s'appuie dès lors sur des états paléogéographiques tronqués. Lorsqu'on commente l'histoire des dépôts successifs d'une carte, il faut avoir à l'esprit que la surface d'aujourd'hui est une résultante de deux phénomènes opposés : le dépôt et l'érosion. Autre écueil bien sûr inévitable à l'époque, la géographie actuelle ne correspond pas aux géographies anciennes : les masses continentales se fractionnent, se déplacent et se ressoudent. La position des « terres émergées » les unes par rapport aux autres n'a cessé de changer.

N'étant pas au sens strict un livre scolaire, cet ouvrage ne permet pas de préciser la nature de l'enseignement assuré en classe. Sa large diffusion, en fait en revanche, un bon témoin des idées véhiculées. Destiné à diffuser le savoir savant à un large public cultivé, il a probablement influencé le discours des enseignants des lycées et des collèges. Dès lors, on peut considérer que le discours sur les terrains de la France, tenu en classe de première et de philosophie, s'inspirait d'ouvrages tels que celui-ci. Il avait de plus comme mérite la qualité iconographique de sa carte géologique de la France, à une époque où il était peu probable que les lycées détiennent une carte géologique murale.

L'ouvrage de E. Lambert (1867) ne mentionne même pas la carte géologique. Pas plus que celui de P. Gervais, L. Marchand et V. Raulin (1869) pourtant rédigé « conformément aux programmes de l'enseignement secondaire spécial ». Les techniques d'impression ne sont pas en cause, ce dernier livre renferme 262 figures.

La réforme de l'enseignement général de Ferry (1880) introduit l'étude de la carte géologique de France dans ses traits principaux, en classe de 4^e. Officiellement cette étude disparaît en 1890. Plusieurs ouvrages de cette période nous permettent de préciser la nature du commentaire.

L'ouvrage de Stanislas Meunier (1882) destiné à la classe de 4^e renferme une magnifique carte géologique en onze couleurs en double page. Elle fait l'objet d'un commentaire sur sa légende (signification des couleurs) puis sur son contenu. L'auteur conduit la lecture de la carte : « il est

¹⁹⁸ CUVIER, G. et BRONGNIART, A. 1811. Essai sur la géographie minéralogique des environs de Paris. Paris. VII + 287 p.

impossible que parmi les zones colorées dont la carte est couverte, vous ne distinguiez pas les bandes bleues qui traversent toute la France. Elles représentent le terrain jurassique dont les affleurements dessinent (...) un 8 de chiffre dont la boucle supérieure serait incomplète ». L'emprunt à Elie de Beaumont est manifeste. L'étude des régions s'appuie sur des gravures de paysages et des coupes géologiques. La carte n'est donc pas une simple illustration gratuite, elle fait l'objet d'un commentaire, c'est-à-dire de l'extraction de données, sur la répartition des terrains selon leur âge et leur nature, à partir de la connaissance de la légende. On peut parler de lecture de la carte. Cette lecture est probablement assurée en classe par le professeur, encore que les instructions ministérielles engagent fortement les enseignants à placer l'élève en situation d'observation et de découverte par lui-même. La qualité de la carte insérée permet le commentaire.

L'enseignement de la carte géologique semble bien se limiter en classe de 4^e au commentaire savant d'une carte géologique insérée dans le livre. On le retrouve présenté de la même manière dans les ouvrages de A. Seignette (1887 et 1894), F. Priem (1888), J. Langlebert (1889), J.-H. Fabre (1889), A. Daguillon (1893), G. Bonnier (1896, 1900). Bien souvent le commentaire est plus précis que ce que permet de dire la carte insérée dans l'ouvrage. C'est un discours savant qui est tenu : la carte de l'ouvrage est un repère géographique. Notons alors que ce commentaire persiste dans la plupart des ouvrages, après 1890, alors qu'il n'est plus au programme. E. Caustier (1900) l'a retiré, mais conserve deux cartes au trait des bassins houillers.

Les livres destinés à la 3^e année des Ecoles Primaires Supérieures renferment également une étude de la carte géologique de France : A. Daguillon (1896), E.-L. Bouvier (1901). La carte géologique, présentée par ce dernier ouvrage, est établie à partir de la carte géologique de France au 1/1 000 000 de 1889.

La réforme de 1902 conserve l'étude des terrains en classe de 5^e B et 4^e A, mais ne rétablit pas l'étude de la carte géologique de la France : l'accent est mis sur la géologie locale et régionale. Curieusement, les programmes ne mentionnent pas les cartes géologiques présentant l'échelle adaptée à ce type d'étude : les cartes de détails au 1/80 000. Les conférences de géologie de la classe de 2nde maintiennent en revanche une étude des temps géologiques, occasion d'utiliser la carte de la France pour un discours stratigraphique. Depuis 1889, les auteurs et éditeurs disposent de la première édition de la carte géologique de France au millionième, et depuis 1905 de la deuxième édition de celle-ci.

La carte est effectivement retirée des manuels des classes du premier cycle de G. Bonnier (1902), F. Faideau et A. Robin (1902), G. Colomb et C. Houlbert (1903), B. Lamounette (1908), H. Coupin et E. Boudret (1909). Elle reste présente jusqu'en 1912, dans les manuels destinés au second cycle (classe de 2nde) : F. Faideau et A. Robin (1902), G. Colomb et C. Houlbert (1903), A. Daguillon (1902), E. Caustier (1905). En revanche, A. de Lapparent (1903) présente toujours une carte géologique de la France : son livre est destiné aux élèves du secondaire et également aux personnes désireuses d'acquérir une connaissance générale des données de la géologie. Il n'est pas lié au programme, de la même manière.

Cette homogénéité des contenus des livres scolaires permet d'affirmer que la carte géologique ne fait plus l'objet d'un commentaire en 5^e et 4^e et son apprentissage en 2nde se réduit à un discours de l'enseignant lors d'une leçon sur les sols de France. Il n'y a pas de pratique de la carte alors que deux éditions de la carte au 1/1 000 000 ont été publiées.

Curieusement, ce commentaire de la carte géologique de France persiste dans l'enseignement des jeunes filles pourtant aligné alors officiellement sur celui des garçons : A. Seignette (1903), E. Belzung (1903).

La carte géologique de la France se maintient également dans les manuels de 3^e année des EPS et 2^e année des ENP : elle ne fait plus l'objet d'un commentaire spécifique, mais vient illustrer l'étude des terrains d'âges différents. C'est le cas des livres de E.-L. Bouvier et H. Simiand (1905),

M. Boule (1907). Le livre de G.-M. F.¹⁹⁹. (1922), pourtant postérieur à la réforme de 1920, renferme également une carte géologique de la France, sans commentaire. Il en est de même des ouvrages plus récents de G. Bresse, C. Schlegel et E. Bonnet (1939), E. Lazerges (1940), A. Démousseau et J. Haumesser (1942) et E. Caustier (1945).

Le commentaire de la carte géologique de la France n'a pas disparu pour autant. En marge des programmes officiels, on le retrouve régulièrement dans les manuels du secondaire et des EPS de quelques auteurs : V. Boulet (1925), A. Famin (1937), V. Boulet et A. Oubrè (1939), A. Oubrè (1947). Il est le premier et le seul enseignement sur la carte jusque vers 1920. Il s'agit avant tout d'un discours savant sur la géologie de la France (nature et diversité des terrains ; pétrographie et stratigraphie), appuyé sur une carte insérée dans les livres scolaires, mais produit à partir d'un savoir savant (carte géologique de la France de Dufrenoy et Elie de Beaumont et premières éditions de la carte au 1/1 000 000). Cet enseignement s'inscrit dans un enseignement magistral, où le livre scolaire représente le savoir à acquérir.

L'ajout aux livres scolaires d'une carte géologique de la France se généralise durant cette période, quelle que soit l'utilisation qui en est faite dans le texte. Ces cartes, souvent en couleurs vont jouer un rôle de géographie géologique, c'est à dire le même rôle que celui dévolu aux premières cartes géologiques du début du XIX^e siècle.

Fréquentes sont les cartes des terres et des mers souvent légendées « la France à l'époque de... » ou « les mers du Primaire... ». Très simples dans le tracé (deux figurés), elles sont généralement construites de la même manière que celles de L. Figuier. Elles illustrent régulièrement les chapitres traitant des différentes époques géologiques. On trouve également ces cartes dans les ouvrages des Cours complémentaires, pour la préparation au certificat d'étude.

2.2 Travaux avec et sur la carte

2.2.1 Discours sur la carte et exercices de lecture ponctuelle

Officiellement la carte géologique départementale a dû être présentée lors de conférences aux élèves de l'enseignement secondaire spécial, dès 1847. En absence de livre scolaire de cette époque, nous en resterons à l'affirmation du texte officiel.

L'ouvrage de F. Priem (1888), réimprimé tel quel à une date postérieure avec la mention « conforme au programme du 15 juin 1891 », était probablement destiné en 1888 à l'enseignement moderne, qui succède alors à l'enseignement spécial. Il est indiqué correspondre à la classe de 5^e. **L'auteur explique comment est levée une carte géologique et comment on réalise une coupe.** Les coupes géologiques sont nombreuses dans l'ouvrage, mais ne sont liées à aucune carte. Pour que l'élève puisse réaliser une coupe, il faudrait des cartes géologiques à grande échelle avec une indication du relief type carte géologique au 1/80 000. Elles commencent à paraître à partir de 1874 et ne sont sûrement pas disponibles dans ces classes. Le livre, au demeurant, n'en fait pas mention. Ces précisions sur la construction des coupes ne sont probablement données qu'à titre d'informations pratiques. Il ne s'agit pas encore de travaux.

En 1902, l'unification de l'enseignement secondaire, fait perdre la spécificité de l'enseignement spécial, mais installe la géologie en classe de 4^e. La présentation de la carte se fait alors en classe de 2nde. La réforme de 1920 de l'EPS place en 2^e année l'étude des cartes et coupes géologiques et introduit des exercices pratiques.

Le livre de G. Colomb (1922) destiné à la 2^e année des EPS ne renferme curieusement pas de carte géologique. Par contre, il présente de nombreuses cartes de la disposition des terres et des mers aux différentes époques. On retrouve de nouveau ces cartes de type paléogéographique. Les

¹⁹⁹ L'auteur de cet ouvrage n'est identifié que par ses initiales.

exercices se réduisent à suivre les quatre principaux plissements²⁰⁰ sur une carte, sans préciser de quelle carte il s'agit.

L'ouvrage déjà cité de G.-M. F (1922) renferme plus d'une vingtaine de coupes géologiques. Ces **coupes** sont présentées sans référence à la carte dont elles sont tirées, ou associées à une carte très schématique. Elles sont **utilisées pour expliquer la disposition des terrains**. Aucun exercice de construction n'est proposé. Il en est de même des ouvrages de G. Eisenmenger et H. Coupin (1929, 1930), de ceux publiés par une Réunion de professeurs (1932, 1935) et de celui de E. Caustier (1934).

Le livre de V. Boulet (1925) ne va guère plus loin dans l'apprentissage des coupes, mais développe **le commentaire**. L'auteur présente rapidement la construction des cartes et des coupes, avant de passer au commentaire détaillé de la carte géologique de la France. La géologie régionale est en revanche beaucoup plus développée (23 pages) et s'appuie sur des cartes géologiques simplifiées (avec 9 figurés toutefois pour celle du Massif central). Il ne s'agit cependant que de commentaires, mais qui peuvent être produits par les élèves : la qualité des cartes est suffisante pour cela. On retrouve le même type d'exercice dans les ouvrages postérieurs à 1947.

A. Billard, Ch. Touren et M. Billard (1932) précisent en introduction à leur cours de 2^e année des EPS : « Pour répondre à l'esprit pratique des programmes récents, nous avons intercalé des paragraphes nouveaux (...) sur les cartes et les coupes géologiques, et sur les exercices pratiques tant zoologiques que géologiques ». Les exercices pratiques annoncés se réduisent à des **questions de lecture** de la carte.

« On pourra, après avoir fait comprendre comment sont établies les cartes géologiques, poser différentes questions dans le genre des suivantes auxquelles l'élève répondra en montrant la carte.

Montrez les différents massifs anciens. Désignez les grands bassins qui partagent la France. Quelle est la constitution géologique du Massif central ? Où trouve-t-on des terrains jurassiques ? crétacés ?

Enfin, comme excellent exercice pratique, on pourra faire étudier la carte géologique au 1/80 000 de la région dans laquelle on se trouve en se servant de la légende explicative qui l'accompagne²⁰¹ ».

Etape supplémentaire par rapport au commentaire de la carte géologique de France, **l'exercice pratique de lecture de la carte** : il s'agit de comprendre la légende et de savoir l'utiliser pour extraire des informations spécifiques d'une carte. On peut parler d'exercice de déconstruction de la carte si celui-ci va jusqu'à extraire chacune des informations légendées ou, comme on le verra plus tard, construit des cartes thématiques à partir de cette lecture (construire la carte des massifs du Primaire...). Par rapport au commentaire de la carte géologique de France, on peut dire qu'ici l'objectif est que l'élève sache lire et utiliser une légende de carte. Précédemment l'élève devait acquérir une connaissance (un aperçu) de la géologie de la France. D'un objectif de savoir, on est passé à un objectif de savoir-faire.

Le livre de A. Famin (1937) propose un enseignement appuyé sur la lecture de cartes géologiques. L'ouvrage renferme, tous types confondus, une vingtaine de cartes géologiques et chacune des 13 leçons de géologie se termine par des exercices ou une lecture. Prenons quelques exemples pour bien illustrer cette originalité.

La première leçon porte sur le métamorphisme de contact et s'appuie sur la carte de Sélestat (Vosges). L'utilisation de la carte pour poser la question de l'origine du métamorphisme observé semble s'imposer : cela n'est pas précisé dans le texte. Il se termine par un exercice d'observation de cartes. La consigne donnée est bien étrange : il faut y rechercher la présence de fractures. La deuxième leçon est consacrée aux cartes géologiques (1/ 1 000 000 et 1/ 80 000). L'intérêt porté

²⁰⁰ Il s'agit des quatre phases orogéniques (huronienne, calédonienne, hercynienne, alpine) de M. Bertrand.

²⁰¹ Les cartes géologiques au 1/80 000 sont généralement entoilées et la légende ou notice des terrains en 8 feuillets est collée en marge de celle-ci. Une notice plus détaillée peut être publiée dans le bulletin de la carte.

aux cartes est justifié par un argument d'autorité : les cartes présentent les différentes couches et des indications utiles, elles « constituent donc des documents importants » (...) « S'il est utile de connaître la disposition des roches sur un plan horizontal (cartes), il est également intéressant de la connaître dans un plan vertical ; c'est pourquoi, grâce à la carte géologique, on dessine des coupes de terrains ». L'exercice de coupes n'est pas pratiqué.

L'ouvrage renferme également des exercices dits d'observation. Il s'agit parfois d'exercices de lecture de cartes :

« I. Observer la carte géologique simplifiée contenue dans le cours [carte en 8 couleurs, au 1/ 5 000 000, avec coupe de la Normandie aux Vosges] : couleurs caractéristiques et disposition des différents terrains, indications qu'on peut tirer pour la structure géologique et géographique de notre pays. Faire les mêmes observations sur la carte au 1/1 000 000 ; excursionner dans la région où l'on se trouve ; relever des coupes de terrains, recueillir des roches et des fossiles. Utiliser, si possible, la carte géologique au 1/80 000 (cette remarque ne sera pas répétée dans la suite des exercices d'observation ; elle vaut pour tout le cours de Géologie). II. Archéen. Rechercher, sur la carte, l'emplacement des terrains archéens ».

L'élève est tout d'abord appelé à constater : constater que les couleurs correspondent à des terrains différents (par le nom, l'âge ou la nature). On sait d'une part que le constat établi par soi-même a un plus grand effet sur l'apprentissage, qu'énoncé par l'enseignant. La présentation graphique, d'autre part, facilite la mémorisation visuelle. La carte du manuel permet un travail autonome de l'élève, à la maison ou en étude. La carte au 1/ 1 000 000 est citée (la 3^e édition est parue en 1933), elle semble un objet courant dans les écoles : l'exercice peut se faire ou être corrigé à l'aide de cette carte.

Référence est de nouveau faite à la carte au 1/ 80 000 comme guide d'excursion : la carte détaillée sert à localiser des terrains, à déterminer un trajet, voire à déterminer les roches et les fossiles recueillis. Bien souvent, on le voit à travers plusieurs manuels, la carte est affichée comme un guide potentiel pour des études personnelles de l'élève.

L'usage de cette carte au cours de l'apprentissage se généralise, car chaque leçon se termine par un exercice qui y renvoie. Il s'agit, toutefois, presque exclusivement d'un travail de localisation ou de recherche de données ponctuelles (rôle de banque de données).

La plupart des exercices, qui s'appuient sur de nombreuses cartes simplifiées, visent uniquement à faire **localiser** l'étendue des terrains étudiés ou à mettre en relation des cartes simplifiées avec la carte de France au 1/ 1 000 000. Ce dernier type d'exercice entraîne à extraire des informations : il fait passer d'un document thématique spécialisé (carte des gisements houillers par exemple) à un document général, et inversement. Un travail de réflexion (réinvestir ses connaissances dans un contexte nouveau), en contexte historique, est également entamé avec un exercice sur « l'influence de la nature géologique du sol sur la géographie humaine et économique, ainsi que sur le système militaire défensif (lignes des forts et fortifications) ».

Ces deux ouvrages [A. Billard, Ch. Touren et M. Billard (1932) et A. Famin (1937)], bien que respectant tout à fait l'esprit et la lettre des programmes officiels, semblent plus novateurs que représentatifs de l'enseignement qui se fait alors dans ces classes. Il faudrait bien sûr connaître l'ensemble des livres scolaires disponibles à cette date pour ce programme pour spécifier si ces ouvrages sont isolés ou caractéristiques d'un courant d'enseignement. Si l'ouvrage de E. Lebrun et V. Régnier (1934) va plus loin dans la mise en place d'exercices pratiques (avec la construction de coupes), les autres livres scolaires étudiés pour cette époque se limitent à une présentation générale et distante de la carte géologique : G. Eisenmenger et H. Coupin (1930), une Réunion de professeurs (1932, 1935), E. Caustier (1934). Les ouvrages de A. Démousseau (1933) et G. Colomb (1936) ne renferment ni carte, ni discours sur la carte.

La réforme de 1938 qui réaffirme, plus qu'elle n'établit, la nécessité d'appuyer l'étude des terrains sur le travail sur carte, ne modifie guère la nature des exercices.

Pour G. Eisenmenger (1939), « en raison du caractère élémentaire que doit conserver l'enseignement de la géologie » en classes de 4^e et en 2^e année des EPS, « on pourra se borner aux trois exercices suivants :

1. Lecture d'une carte géologique au cours d'une excursion,
2. Relevé de la répartition des terrains pour une région déterminée,
3. Tracé de coupes géologiques. »

Dans le premier exercice, un apprentissage de la lecture de la légende suffit. Dans le deuxième, il ne s'agit pas de lever une carte simplifiée à partir d'observations de terrain, mais de construire celle-ci par simplification de la carte au 1/80 000.

La réforme des programmes de 1947 ne faisait que réaffirmer l'aspect local et régional des études géologiques essentiellement monographiques (les roches et terrains).

Le livre de A. Obré (1947) limite l'usage de la carte à la localisation géographique des roches étudiées dans le texte (trachyte, basalte, gneiss, micaschistes, craie...). Les coupes géologiques, fréquentes dans le manuel, ne sont pas rapportées à une carte précise et ne donnent pas lieu à un apprentissage. Elles servent seulement à montrer la disposition des terrains en profondeur. Enfin le chapitre sur la géologie régionale de la France et de l'Union française précise le contenu et l'intérêt d'une carte géologique, avant de passer en revue les grandes régions naturelles. Cette dernière étude s'appuie parfois sur des cartes géologiques régionales simplifiées : elles permettent de **situer géographiquement le commentaire** et de visualiser la disposition dans le plan des grandes structures. L'usage des cartes et coupes est donc cantonné dans un rôle illustratif. Il en est de même des livres de M. Oria (1947), G. Bourreil (1947 et 1957).

L'ouvrage de P. Vincent (1953) se démarque des précédents, en consacrant explicitement plusieurs **séances de travaux pratiques à l'observation de cartes topographiques et géologiques à différentes échelles**. Il fait construire des profils topographiques, mais pas de coupes géologiques. Il se distingue aussi par l'importance donnée à l'iconographie, qui en fait un précurseur des livres scolaires d'après 1959.

Le livre de M. Chadefaud et V. Régnier (1951) appuie presque systématiquement ses études de roches sur une localisation cartographique (carte du livre et carte murale). En cela, il ne fait que généraliser une démarche commune à de nombreux manuels. Il introduit par contre une utilisation de la carte géologique pour l'étude des relations entre terrains. Partant de la carte géologique du massif granitique de Caulnes schématisée dans le livre, il est demandé à l'élève d'expliquer la relation topographique entre le granite et des bandes gréseuses qui semblent s'y prolonger²⁰². C'est ici un exercice nouveau, qui s'appuie sur l'établissement préalable d'une chronologie à partir de l'identification de critères cartographiques de chronologie relative. Il requiert également une compréhension des processus de granitisation étudiés dans cette leçon. Un autre exercice de réflexion à partir de la carte est proposé suite à la leçon sur l'érosion : l'explication de l'allure des côtes françaises (c'est une leçon du concours de l'agrégation). Un exercice, enfin, cherche à faire établir une corrélation entre les réseaux de fractures et la présence de sources thermales.

Ce livre fait pratiquer les cartes géologiques (celles de l'ouvrage, la carte géologique murale de la France, celles au 1/ 80 000). Il n'initie pas à la réalisation de coupes mais s'appuie régulièrement sur des coupes et croquis pour rendre la troisième dimension. La carte ne fait pas l'objet d'une présentation détaillée, mais est régulièrement utilisée pour **localiser** les objets d'étude et susciter une réflexion sur les relations historiques entre les terrains. Cela va plus loin que le programme officiel, mais répond tout à fait aux directives, qui souhaitent développer un enseignement plus proche des objets étudiés.

En résumé, à partir de 1926 apparaît dans les manuels un discours sur la carte géologique et

²⁰² Ces bandes gréseuses que l'on voit pénétrer dans le massif granitique de Caulnes sur la carte au 1/ 80 000, ne figurent plus sur la carte de Caulnes au 1/ 50 000.

sur les coupes (contenu, utilisation). Il se réduit la plupart du temps à une présentation générale et distante. L'incitation par la suite à développer des exercices pratiques se traduit par des questions de lectures portant sur la localisation géographique des roches et terrains étudiés et quelques exercices de réflexion sur les relations spatiales entre terrains. La carte au 1/80 000 est citée plusieurs fois comme support pour les excursions. Les coupes géologiques sont parfois très nombreuses et servent à illustrer la disposition des terrains en profondeur. Des cartes simplifiées viennent également illustrer des commentaires de géologie régionale.

2.2.2 L'exercice pratique de lever d'une carte simplifiée

A. Fraysse (1927) consacre un paragraphe aux cartes géologiques et un autre aux coupes, dans la partie géologie appliquée de son livre. Après une **présentation rapide sur l'usage, l'utilité et le contenu d'une carte géologique**, il écrit : « pour faciliter la détermination des terrains, on a dressé des cartes géologiques ».

La carte est vue comme un outil mis à disposition d'usagers non spécialistes (carriers, ingénieurs, agriculteurs), elle est dressée pour cela. Cette finalité pratique fait de la carte un outil de communication de type « vulgarisation scientifique ». L'utilisateur de la carte doit apprendre à lire celle-ci. Il saura y puiser les informations utiles à son activité, sans qu'il lui soit nécessaire d'être géologue. On retrouve ici un des objectifs de l'EPS : former des « techniciens », des praticiens au sens strict.

L'essentiel est donc de savoir lire une carte géologique. L'ouvrage ne permet pas de préciser quel apprentissage est effectué en classe, mais manifestement la carte, probablement au 1/80 000, est utilisée. Le résumé de la leçon note en exercice pratique : « Cartes géologiques au 1/80 000, 1/320 000 et 1/1 000 000 ». En pratique, qu'est-ce que cela signifie ? Aucune consigne n'est donnée, on ne sait pas ce qui est demandé aux élèves. Ces échelles ont sans doute été utilisées en classe : le travail consisterait alors à relire son cours ? L'auteur précise, d'une part, qu'il est facile de se procurer la carte au 1/80 000, et ajoute, au cas où il n'existerait pas encore de carte géologique détaillée de la région, qu'il faut en établir une, même si elle n'a pas la même valeur, et donne les grandes lignes de cette construction :

« On reporte sur une carte topographique, les limites des terrains observés à l'affleurement ; on recueille les fossiles de tous les dépôts sédimentaires pour préciser l'âge de ces derniers ».

On obtient de cette manière une minute (carte des affleurements) et non une carte, ce qu'il ne précise pas. L'interprétation nécessaire au passage de l'une à l'autre est passée sous silence.

L'ouvrage de A. Fraysse est donc le premier (1927) dans notre étude, à proposer un **travail pratique de construction d'une carte simplifiée** et encore, il s'agit d'une indication et non d'un exercice compris dans l'enseignement. Cette notification d'un lever pratique de carte reste unique dans les ouvrages étudiés de cette époque.

P. Lemoine (1938) précise dans son ouvrage que la géologie devrait s'enseigner dans les classes, mais s'apprendre sur le terrain ! En fait il dissocie les aspects théoriques des aspects pratiques, proposant par exemple l'exercice de relever de carte d'affleurement, comme un passe temps et non un apprentissage réalisé à l'école. « Il serait bon que chaque élève se procure des cartes d'Etat-major de la région qu'il habite (carte au 80 000^e, prix 1f. 50, ou mieux carte au 50 000^e, prix 2 f. 50), et qu'il s'habitue à y noter les carrières, exploitations et affleurements, avec l'indication des roches qui s'y trouvent. Il complétera ces indications en consultant les cartes géologiques au 80 000^e de son établissement ». C'est probablement sa formation de géologue, qui conduit l'auteur à insister sur la distinction nécessaire sur la carte entre « les faits » et « l'interprétation des faits ».

On retrouve d'une certaine manière cette dissociation entre la géologie qui peut ou doit s'enseigner en classe et celle qui doit se faire sur le terrain dans le discours de M. Oria (1947).

« L'enseignement de la géologie devrait se faire sur le terrain » et « une leçon de Géologie ne se conçoit pas sans cartes ». L'introduction à son ouvrage est un plaidoyer pour une étude autonome du terrain : l'élève est invité à explorer par lui-même les carrières et tranchées, en s'appuyant sur la carte d'Etat-major et la carte géologique locales. Ce plaidoyer se termine par le souhait que certains se consacrent ensuite à la géologie. L'exercice de lever, de collecte d'informations géologiques n'est pas considéré comme un apprentissage scolaire. Cette position pourrait expliquer la place tout à fait anecdotique réservée à cet exercice dans les livres scolaires. La carte géologique ne fait l'objet d'aucun exercice dans ce manuel. C'est donc un document pour se guider sur le terrain, mais ce n'est, ni un objet, ni un outil d'apprentissage.

A. Obré (1947) invite également les élèves, en exercice d'observation, à se rendre sur le terrain par eux même, mais sans faire allusion à la carte géologique. L'ouvrage de R. Balland (1953) publié dans la Collection Obré, est très proche du précédent. Il précise le travail personnel attendu de l'élève. On lui propose de cartographier une couche bien visible dans les carrières de son voisinage, puis celle placée au-dessus, puis, celle placée au-dessous, etc. C'est un exercice de cartographie de terrain, il est toujours proposé comme activité de loisir et non comme apprentissage scolaire.

On peut donc dire en conclusion, que l'enseignement ne comprend pas avant 1959 d'exercice de lever d'une carte géologique simplifiée. Ce travail est toutefois évoqué par plusieurs auteurs, mais comme une saine occupation à laquelle peut s'atteler l'élève au cours de ses temps libres. L'incitation est de même nature que celle qui conseille de rapporter de ses promenades pierres, minéraux et fossiles pour établir sa propre collection. Cet exercice n'est pas envisagé comme un apprentissage scolaire.

2.2.3 La construction de coupes géologiques

Le livre d'E. Lebrun et V. Régner (1934) propose un enseignement dans un esprit semblable à celui de A. Billard, Ch. Touren et M. Billard (1932), cité précédemment. Les auteurs insistent dès l'introduction de l'ouvrage sur la substitution d'une démarche active partant de l'observation, à celle appuyée sur la transmission magistrale d'un savoir, la plus courante à l'époque.

« Les meilleurs sujets de sciences (des examens de fin d'études) sont ceux qui obligeront l'élève à prouver qu'il a vu, de ses yeux vu, et, si l'on peut dire, de ses mains vu. A l'oral, s'il est possible de substituer à la récitation, la description, de *visu*, d'une roche, d'une plante, d'un animal, c'est à cette méthode qu'il faudra recourir ».

« Le but à atteindre détermine la méthode d'enseignement. La méthode de l'enseignement des sciences naturelles doit être la méthode d'observation. Les leçons d'histoire naturelle s'appelaient autrefois des démonstrations. Ce mot indique bien la véritable nature d'un enseignement qui doit être, avant tout, un enseignement par l'aspect. Le professeur ne manquera jamais de placer devant les yeux de ses élèves les objets dont ils ont à s'occuper ou, à défaut, leur image représentée sur des planches ou figurée par des dessins ou des projections ».

Schéma des études :

- 1/ observations, expériences, rappels de souvenirs,
- 2/ la leçon proprement dite : « le professeur n'est pas tenu de faire un cours » disent les instructions ; cela signifie que l'exposé magistral doit au besoin être sacrifié, si le temps dont on dispose est suffisant,
- 3/ mémoriser les idées et faits dominants du résumé,
- 4/ exercices pratiques et d'applications.

« En résumé, la méthode que préconise les Instructions officielles, et qui nous a guidés dans la rédaction de ce manuel, se caractérise par deux mots : elle est concrète et active. Le résultat de son application sincère et suivie doit être non seulement d'affiner l'esprit d'observation, ce qui constitue un précieux progrès de l'esprit, mais de stimuler et de développer le goût des Sciences de la nature, ce qui ouvre un champ illimité à d'utiles et saines distractions ».

Le discours est militant, il animait déjà les conférences du Musée pédagogique au début du siècle et a inspiré la réforme de 1902. Trente ans après, il semble bien, à la lecture de la plupart des livres scolaires de cette époque, que l'enseignement soit resté majoritairement magistral. L'ouvrage de M. Chadefaud et V. Régnier (1951) est porté par un esprit semblable, mais avec un programme de géologie moins ambitieux.

Précisons le contenu du manuel de E. Lebrun et V. Régnier (1934).

L'étude des différentes ères s'appuie sur une carte géologique de la France insérée dans l'ouvrage de manière à ce que dépliée, elle déborde en marge. La carte sert à **illustrer** le texte et à répondre à des **questions de localisation** du type : « Dans quelles régions dominent les affleurements archéens et primaires ? » Ce type de question peut également servir à introduire une problématique du genre : pourquoi une telle répartition ?

Un exercice pratique d'application de l'étude sur le Secondaire et le Tertiaire propose d'étudier les affleurements secondaires de la région sur une carte au 1/80 000 et de préparer ainsi une ou des promenades au cours desquelles les élèves reconnaîtront les étages et les roches. Un tel exercice consiste à produire une **carte thématique** (le Secondaire dans la région) à partir d'une carte géologique servant de source. Il y a **extraction de données et construction**. L'élève a un rapport pratique à la carte ; elle est une banque de données.

Il est proposé également de **reproduire** (suivant leur région) **la carte** en couleurs du Bassin de Paris, du Bassin d'Aquitaine, du Bassin du Rhône. Cet exercice s'est beaucoup pratiqué en histoire-géographie. Jugé trop long, trop fastidieux, trop mécanique et finalement sans trop d'intérêts, il est aujourd'hui tombé, peut-être à tort, en désuétude. A tort, parce que nous n'avons pas suffisamment évalué son rôle dans la mémorisation par la vue et la pratique. On sait pourtant que nombreux sont ceux qui ne « mémorisent que ce qu'ils écrivent » et que la copie d'un texte ou d'une peinture laisse toujours quelque chose en mémoire.

Le paragraphe sur les cartes et coupes géologiques **présente la carte au 1/80 000**, et précise : « comme elle est topographique, elle permet de guider les excursions locales. C'est elle que vous consulterez, à la bibliothèque de l'école, pour diriger vos promenades géologiques, dans votre commune ou votre département. La **réalisation des coupes** est un exercice fort intéressant qui précédera utilement toute excursion. On s'y exercera, au début, sur des points très simples de la carte au 1/80 000 ». Suit une explication très pratique sur un exemple concret de réalisation d'une coupe géologique et sur le déroulement (idéal) de l'excursion qui va de pair.

Il y a véritablement ici initiation à la production d'une coupe et l'exercice semble bien faire partie de l'apprentissage des élèves. L'exercice est présenté comme une aide à la compréhension des paysages géologiques et non comme une des tâches pratiques du géologue. Cet enseignement ne cherche pas à s'appuyer sur des exercices pratiques pour former des élèves à une pratique technique dans une optique professionnelle, comme c'était le cas dans l'enseignement spécial. Il utilise l'exercice de cartographie comme élément de formation de l'esprit.

P. Lemoine (1938) ne propose aucune construction pratique de coupes dans son ouvrage, mais il insiste sur la troisième dimension de la carte. Il précise pour cela l'importance de la coupe géologique qui vient compléter la représentation mentale de la profondeur des terrains.

Le livre de A. Famin (1937) renferme un exercice faisant **comparer des coupes avec la carte** dont elles sont tirées. Il est fort dommage pour la démonstration, que ces cartes schématiques ne permettent pas de réaliser ces coupes. L'observation conjointe dans deux plans perpendiculaires permet toutefois d'exercer l'élève à une reconstruction mentale des trois dimensions. De même,

après avoir observé la disposition des terrains du Bassin de Paris, à l'Est, l'élève est invité à observer celle des terrains secondaires en Normandie, et à en tirer des conclusions sur la disposition en profondeur des terrains. Ces deux exercices stimulent la spatialisation (travail sur les images mentales). Il n'y a pas d'exercice de construction de coupes.

L'exercice de coupe à main levée proposé dans l'ouvrage de R. Balland (1953) rejoint tout à fait le précédent. Il s'agit de tracer la continuité en profondeur des couches d'un bassin sédimentaire. La technique de coupe ne donne lieu à aucun apprentissage, mais le tracé à main levée nécessite une représentation mentale préalable de la disposition spatiale des terrains.

L'exercice de construction d'une coupe géologique n'a pas fait l'objet d'apprentissages avant 1959. Indiqué dans les programmes officiels des EPS en 1920, il ne se retrouve pas dans les livres scolaires étudiés. Quelques auteurs ont proposé plutôt une réflexion sur le prolongement des terrains en profondeur qu'un apprentissage de la technique de coupe. Des coupes sont présentées pour illustrer les déformations des terrains, mais leur réalisation ne fait pas partie de l'enseignement.

3. L'enseignement de la carte depuis 1959

La réforme de 1959 met l'accent sur la nécessité de développer la participation de l'élève, à travers la multiplication d'exercices pratiques (généralisation progressive des travaux pratiques) et en réduisant la part du cours magistral. Il faut développer des méthodes actives. L'enseignement des sciences naturelles doit partir de l'observation d'objets réels dans la mesure du possible, ou à défaut de documents photographiques, cinématographiques et autres. Voir, regarder, observer vont être les maîtres mots de cet enseignement.

Dans l'édition des livres scolaires, la place de l'iconographie va devenir majeure. Les livres renferment beaucoup plus de photographies, beaucoup plus de schémas, de tableaux. La couleur se substitue progressivement au noir et blanc, dans l'iconographie, mais aussi dans le texte. Les ouvrages sont de plus grand format, textes et images sont plus aérés. Le livre n'est plus seulement le dépositaire du savoir savant à apprendre, il devient un manuel scolaire dans le sens où il participe aux différentes phases de l'apprentissage.

De 1959 à aujourd'hui se succèdent un ensemble de réformes qui réorganisent complètement le système scolaire. Les effectifs scolaires explosent, l'enseignement secondaire se généralise, les établissements se multiplient, la formation des enseignants devient très hétérogène.

Les réformes qui se succèdent s'accompagnent d'une importante évolution des manuels sur la forme et sur le fond.

Deux classes vont marquer l'enseignement de la géologie, la classe de 4^e et la classe de 1^{re} D. Dans les autres classes il ne s'agira que d'un enseignement ou temporaire ou réduit à quelques aspects géologiques.

3.1 Evolution de l'enseignement en classes de 4^e et 3^e

Depuis 1880 et avec seulement quelques courtes périodes d'interruption, l'enseignement de la géologie caractérise la classe de 4^e (et ex 2^e année des EPS). De 1959 à aujourd'hui cela va peu changer. Rappelons en quelques mots les réformes qui jalonnent cette période.

En 1959, il s'agit d'enseigner l'histoire de la Terre à travers l'étude de la diversité des roches et des terrains. La réforme de 1970 ne modifie guère les contenus mais rappelle les objectifs : à

partir d'observations faites sur le terrain et sur la carte géologique, utiliser les notions acquises pour des essais de compréhension de la géologie régionale. En 1978, la réforme étale l'enseignement de la géologie sur les classes de 4^e et de 3^e. Le programme porte sur l'étude des relations entre paysages et nature des roches. En 1988, l'enseignement de la tectonique des plaques se substitue à celui de la géologie régionale ; la géologie est retirée du programme de la classe de 3^e en 1989.

3.1.1 Le lever d'une carte géologique locale simplifiée

L'exercice de lever d'une carte géologique simplifiée est une innovation du programme de 4^e de 1959. Maintenu lors de la réforme de 1970, on le retrouve en classe de 3^e à partir de 1979. Il disparaît des programmes en 1988.

1959

L'ouvrage de 4^e de chez Hachette (1959) consacre sa troisième partie à la reconstitution de l'histoire de la Terre. Les auteurs écrivent, qu'à la manière d'un historien s'appuyant sur des archives, le géologue va étudier les archives de la Terre, autrement dit, les roches et les fossiles. Le premier objectif est d'établir une chronologie : elle s'appuie sur la disposition relative des terrains. Le texte propose alors comme «exercice d'observation» de construire une carte des affleurements de la commune ou de la région. Il s'agit d'un exercice d'identification de couches sur le terrain, de reconnaissance, puis de report sur une carte de type topographique.

M. Oria, auteur du livre de chez Hatier (1963), est plus que sceptique sur la pertinence de cet exercice. Il écrit : «le programme demande l'établissement d'une carte géologique très simple et non l'élémentaire compréhension d'une carte toute faite. Sans nul doute, cette construction par les élèves, que je suppose à faire à partir d'une carte topographique, est le plus sûr moyen de faire saisir au plus «retardé» d'entre eux ce qu'est une carte géologique». Le passage par la pratique, le «faire» comme moyen de l'apprentissage est ici dévalorisé. Il y aurait des élèves qui pourraient se contenter du raisonnement, qui seraient capables de se suffire de l'abstrait, et d'autres pour qui le passage par la pratique serait nécessaire à la compréhension. Le faire ne serait pas une étape normale de l'apprentissage, mais un traitement pour les cas pathologiques. Contentons-nous de le remarquer : au delà, l'analyse du propos hors de son contexte historique et sociologique pourrait être dénué de sens. L'auteur ne précise pas comment réaliser cet exercice de lever.

Les ouvrages de chez Vuibert (1966), Hachette (1966) et Bordas (1968) ne mentionnent pas l'exercice. Sa pratique n'est pas généralisée.

1970

Le programme de 1970 cite à nouveau l'établissement progressif d'une carte géologique simple comme l'un des moyens pour aboutir à un essai de compréhension de la géologie régionale.

Le livre de P. Vincent chez Vuibert (1972) expose les étapes pour la construction d'une carte géologique à partir d'un fond topographique. Il reste très vague sur l'étape de transposition de la carte d'affleurements en une carte géologique. «Le géologue procède ensuite au tracé des contours, opération délicate, surtout si les points où les contacts ont été réellement observés sont peu nombreux et espacés». Il n'y a pas de réflexion sur la part d'interprétation, ni d'exercice sur cette transposition.

L'ouvrage de chez Hachette (1973) donne quelques conseils, en fin d'ouvrage, pour réaliser une excursion destinée à lever une carte géologique. Il s'agit de conseils pratiques sur le matériel à emporter, sur les observations à réaliser sur le terrain et sur le travail en laboratoire. Pour préparer l'excursion, les auteurs préparent le regard de l'élève. Ils le conduisent à s'interroger par avance sur la nature des informations qu'il ira chercher sur le terrain, en le faisant travailler auparavant sur une carte géologique. Ils lui demandent de rechercher la nature des terrains et leur mode de

représentation, de rechercher s'ils sont inclinés (cela pose à l'élève le problème de la représentation de l'espace dans le plan), de rechercher sur la carte topographique les routes passant dans une tranchée, la présence d'un escarpement...

Ces questions peuvent servir à conduire une réflexion préalable en classe sur les lieux où il faut chercher et sur ce que l'on va rechercher. En préparant le regard, on prépare l'observation. Arriver sur le terrain sans un minimum de réflexion préalable voue à l'échec l'opération de lever. Ces quelques lignes et le travail qu'elles peuvent déclencher en classe visent à mettre l'élève en situation d'interrogation et, par suite, à observer le terrain avec méthode pour y trouver telles ou telles informations.

La coupe des terrains, proposée en exercice préalable, peut également aller dans ce sens en confrontant l'élève au problème de la disposition spatiale des terrains, disposition qu'il peut inférer de la carte. Quatre photographies d'affleurements à la faveur de talus, d'une extraction et d'un glissement (3 situations différentes qui seront à rechercher) permettent également d'exercer son regard en classe. On peut prendre le temps de la réflexion, on peut faire des croquis de ces photographies et discuter ceux-ci. Cet exercice permet de préparer la « grille d'analyse » que le regard du géologue pose sur l'affleurement. C'est un apprentissage sur photographies de l'analyse de terrain et de l'observation. En soit, celui-ci ne serait pas suffisant, mais en tant que préparation au terrain c'est une étape d'apprentissage souhaitable.

Les auteurs présentent également une petite carte d'affleurement telle que pourrait la produire un groupe d'élèves et une carte géologique obtenue par interprétation de celle-ci. Comment est-on passé de l'une à l'autre ? Les auteurs se contentent d'écrire : « réunissez par une bande de couleur, les taches d'une même couleur situées dans une même zone ». Cette consigne est insuffisante pour obtenir la carte proposée. Ils oublient de préciser qu'il faut pour cela considérer les terrains comme horizontaux, ce qui leur permet de déterminer les contours des limites d'affleurements par rapport aux courbes de niveau ! En passant sous silence cette information, d'une part ils ne permettent pas aux élèves de tracer une carte proche de la leur, d'autre part ils laissent la possibilité d'interpréter, de manières très différentes, la carte d'affleurement et donc d'obtenir des contours très différents sur les cartes géologiques.

L'absence de consignes peut aussi permettre de poser le problème. Les élèves ne vont pas manquer, s'ils essaient de tracer cette carte, de s'interroger devant les différences qu'ils vont observer entre eux. On peut alors se servir de cet échec comme d'une « situation-problème ». Pour s'en sortir il faut des informations supplémentaires. La proposition « les terrains sont à peu près horizontaux » constitue dès lors une information supplémentaire qui réduit d'autant la part d'interprétation. L'élève peut ainsi être amené à chercher quelles informations géologiques rendent celui-ci possible, en contraignant la liberté de son tracé et en l'orientant.

Tel qu'il est présenté l'exercice n'est pas destiné à faire émerger ce problème. Mais il n'a pas dû manquer de le poser si des élèves s'y sont exercés. On a là un exercice qui potentiellement permet de s'interroger sur l'interprétation et place l'élève en situation de réflexion proche de celle du géologue.

L'ouvrage de chez Hachette propose donc un authentique apprentissage pratique du lever d'une carte géologique simplifiée.

L'ouvrage de chez Hatier²⁰³ (1973) renferme également toute une série de conseils pratiques pour une étude pertinente de terrain (directives pour une excursion géologique). Il s'agit d'une

²⁰³ La Collection « Eveil à la vie » introduit un nouveau concept de livre, tant par la forme que par le contenu. Le livre de la classe de 4^e s'intitule : « Géologie, documents pour l'introduction à l'étude des sciences de la Terre ». Cette volonté affichée d'être plus un outil d'apprentissage qu'un cours se traduit par la présentation de l'ouvrage sous forme d'un fichier perforé. La difficulté pour le trouver chez les bouquinistes avec toutes ses pages traduit peut-être l'atteinte de l'objectif : les fiches ont dû être séparées et glissées dans le cours de l'élève. Les 18 chapitres comprennent chacun plusieurs fiches qui peuvent renfermer des textes, des photographies, des dessins, des cartes, c'est à dire des documents de travail, des activités, des questions. C'est une innovation majeure.

véritable fiche-guide sur les consignes de sécurité dans les carrières, le matériel nécessaire, les observations à réaliser, les conditions de récolte des échantillons. Elle se prolonge par une fiche sur l'examen des roches en laboratoire accompagnée d'une clé de détermination.

On y trouve (p. 87) une fiche de conseils pour l'établissement de la carte géologique. Des cartes et coupes géologiques ont été présentées et utilisées au cours des pages précédentes. Une coupe a même été réalisée en exercice. Ici, les conseils vont porter sur le difficile passage de l'observation d'affleurements ponctuels (cas des carrières) au tracé des contours géologiques sur une carte. D'emblée, les auteurs évacuent le cas des terrains cristallins et des terrains plissés pour se limiter à des notions générales en région tabulaire. Ils justifient leur choix par les connaissances supplémentaires et l'habitude que requièrent de telles régions. Partant de trois carrières présentant une belle «colonne stratigraphique», les auteurs ramènent ce passage de la minute de terrain à la carte géologique, au tracé de plans superposés (les couches géologiques) recoupant les reliefs d'une carte topographique.

La situation, si elle est plus simple que celle observée dans la majorité des cas (en première approximation elle est tout à fait pertinente dans le Bassin de Paris), permet déjà à l'élève de raisonner sur le prolongement dans l'espace d'un affleurement ponctuel. Il se trouve confronté à des problèmes de géométrie, à des problèmes d'intersection de surfaces planes (les terrains géologiques) avec une surface irrégulière, le relief, rapportée dans le plan de la carte topographique. Il y a déjà là tout un travail sur l'espace, préalable indispensable aux traitements de situations plus difficiles (couches plissées, redressées, granites...).

Cet exercice est une mise en situation : il permet à l'élève de s'interroger, dans le cas de son étude régionale, sur la succession des terrains qu'il observe (chronologie) et sur leur prolongement dans l'espace. Il a donc le mérite de poser indirectement des questions. L'élève doit par la suite réaliser une étude semblable, mais avec d'autres terrains dans sa région.

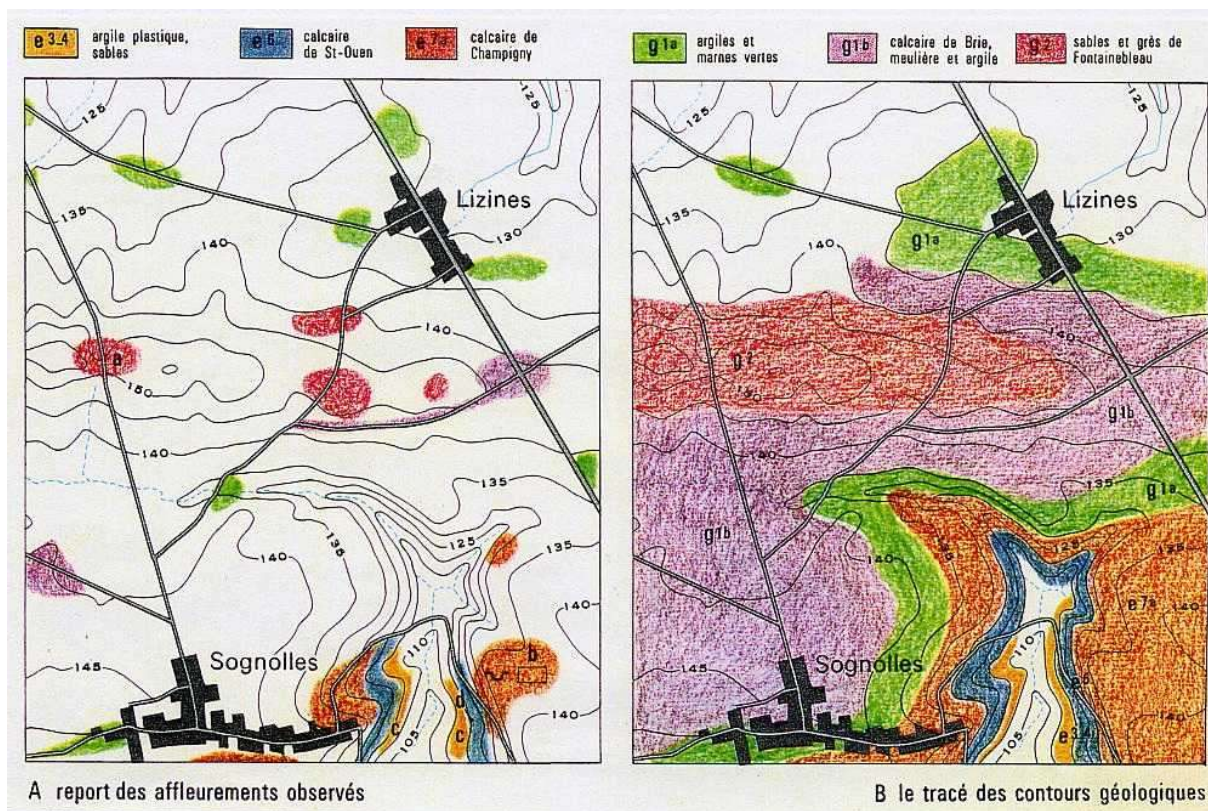


Figure 11 : Carte d'affleurement et carte géologique. Extrait de : ORIEUX, M. et EVERAERE, M. 1973. Sciences naturelles, 4°. Paris, Hachette. p. 205

La carte géologique (au 1/50 000 ou au 1/80 000) est envisagée comme une aide à la

réalisation de la carte locale. Des indications pour la lecture de la notice sont fournies et l'attention est attirée sur les plissements et l'âge des terrains. Des allers retours entre les observations de terrain et la carte géologique sont ici implicitement conseillés. La carte géologique doit aider à comprendre les observations de terrain, qui doivent permettre de tracer une carte géologique locale simplifiée. Cette réflexion s'appuie au fur et à mesure sur des exercices à partir de coupes et de cartes.

L'exercice de lever d'une carte géologique simplifiée n'est donc ni une introduction à un enseignement de géologie, ni une synthèse locale à établir en fin d'apprentissage. C'est une activité qui participe à l'apprentissage.

L'ouvrage de chez Bordas (1974), en revanche, ne fait aucune mention d'un exercice de lever de carte géologique simplifiée.

1978

Les programmes de 1978 de 4^e marquent une rupture. La géologie représente dorénavant 2/3 seulement de l'enseignement de la classe de 4^e et les aspects les plus abstraits et synthétiques de cet enseignement sont reportés en classe de 3^e en fin d'année. L'objectif principal de la géologie est désormais d'étudier des paysages locaux à proximité immédiate du collège. La carte topographique est considérée comme un outil. Mais son étude technique est du domaine de la géographie. L'étude des cartes géologiques est reporté en classe de 3^e ; un début d'initiation peut se faire en classe de 4^e. Le programme de géologie laisse une grande marge d'initiative aux professeurs (et auteurs de manuels). Il demande seulement «d'établir un lien entre paysage et nature des roches à partir d'observations faites sur le terrain et d'études au laboratoire».

Passons en revue les livres scolaires alors disponibles. Ils sont beaucoup plus nombreux que précédemment. Huit éditeurs sont maintenant en compétition et le livre de l'élève s'accompagne souvent d'un livre du professeur. Ces ouvrages pour enseignants renferment aussi bien des mises à niveau que des exemples de séquences d'enseignement. Ils viennent aider des enseignants dont la diversité de recrutement, conjecture oblige, ne garantit pas les connaissances suffisantes en géologie. C'est le cas par exemple des livres du maître des éditions Technique et Vulgarisation (1979) et Magnard (1979). Les livres scolaires deviennent le plus souvent l'oeuvre d'équipes et non plus de un ou deux auteurs comme c'était généralement le cas jusqu'alors.

L'ouvrage de chez Bordas (1978) ne propose toujours pas de travaux sur le lever d'une carte simplifiée. Alors que les programmes officiels incitent à étudier les roches sur le terrain, les auteurs n'envisagent aucune excursion et semblent s'adresser à des élèves qui étudieraient par eux-mêmes le terrain au cours de leurs loisirs.

A l'opposé, le livre de 4^e de chez Technique & Vulgarisation (1979) fait une place beaucoup plus grande à la carte. Le choix des auteurs a été de présenter un très grand nombre de sites géologiques (45) de manière descriptive et couvrant la diversité des roches et paysages de la France. A ces études qui servent avant tout d'information, bien qu'elles aient un aspect méthodologique marqué, s'ajoutent quatre pages consacrées à l'étude pratique d'un affleurement.

Ces pages renferment des photographies, des cartes, une coupe et deux cartes d'affleurement du type de celles que pourraient lever des élèves. D'une manière pratique, le texte explique ce qu'il faut faire devant un affleurement. Quatre photographies permettent de passer de l'échelle du paysage à celle d'une carrière, puis à celle de fossiles vus à deux échelles différentes. Ce processus d'enchaînement d'échelles croissantes renforce le texte pour diriger l'observation. La carte géologique (en regard) est alors utilisée pour compléter les observations de terrain : âge des couches, disposition, contenu fossilifère. La notice est mise à contribution sous forme d'un extrait.

A ce premier aspect s'ajoutent deux pages pratiques, sous le titre «relevons les affleurements de notre commune ». Elles indiquent le matériel de terrain, présentent le schéma d'un clinomètre « maison » et une page d'un carnet de terrain. Comme dans le livre de 4^e de chez Hachette (1973), deux cartes d'affleurement sont proposées. La partie la plus délicate, le passage de cette carte à la carte géologique, n'est pas traitée, ou plutôt il est dit : « nous verrons, au fil des

chapitres, comment relier des affleurements entre eux ». Le livre ne revient pas explicitement sur cette deuxième étape. C'est en fait la somme des connaissances, sur la déformation des roches, leurs dispositions relatives à travers les nombreux exemples étudiés, qui doit permettre à l'élève de relier ses observations ponctuelles et de produire ainsi une carte. Cette démarche laisse entendre qu'il n'y aurait pas d'apprentissage possible, pas d'approche méthodologique de la transposition ; cette phase serait un savoir-faire fruit de longues observations et de réflexions.

La réalisation d'une carte des affleurements est également proposée dans le manuel de 3^e comme l'activité de départ qui va permettre d'établir le « calendrier géologique local ». Une carte d'affleurements semblable à celle du livre de 4^e est proposée, sans que soit de nouveau exposé le mode d'obtention. Les livres se suivent. Les auteurs écrivent alors : « on tente d'expliquer la répartition de ces affleurements en les plaçant sur un profil topographique. Finalement, à partir de ces renseignements, on arrive à reconstituer par le raisonnement l'existence et la disposition des couches sédimentaires du sous-sol ».

Cette approximation dans la démarche, traduit un embarras constant : passer de la carte des affleurements à la carte géologique fait appel à des connaissances plus importantes sur la géométrie des couches en fonction de leur nature, de leur densité, de la situation tectonique de la zone... Réunir des points de surface n'est possible qu'en utilisant les mesures de direction des couches (points linéaires). Or cet aspect n'est jamais abordé dans l'étude de terrain des élèves. La masse critique des connaissances nécessaires à cette étape d'interprétation raisonnée n'est pas atteinte.

Malgré cette première approximation des auteurs, on doit noter l'importance du texte qui, par étapes, propose à l'élève de réunir les points des affleurement, en s'appuyant sur des hypothèses (des postulats validables au demeurant) produisant ainsi une carte géologique locale. Ils introduisent, au passage, les principes de continuité et de superposition.

L'utilisation d'un bloc diagramme leur permet alors de distinguer ce qui est observé en surface, de ce que l'on peut déduire comme continuité en profondeur, en s'appuyant sur les deux principes précédents.

Nous avons là une activité, avec les difficultés qu'elle présente, autour de la construction de la carte géologique. Elle met en évidence la part d'interprétation nécessaire à cette production. Elle a un rôle formateur certain. Cette démarche se retrouve par la suite, où, après l'échelle locale, on cherche à établir un calendrier géologique à l'échelle d'une région par corrélation stratigraphique (rôle des fossiles).

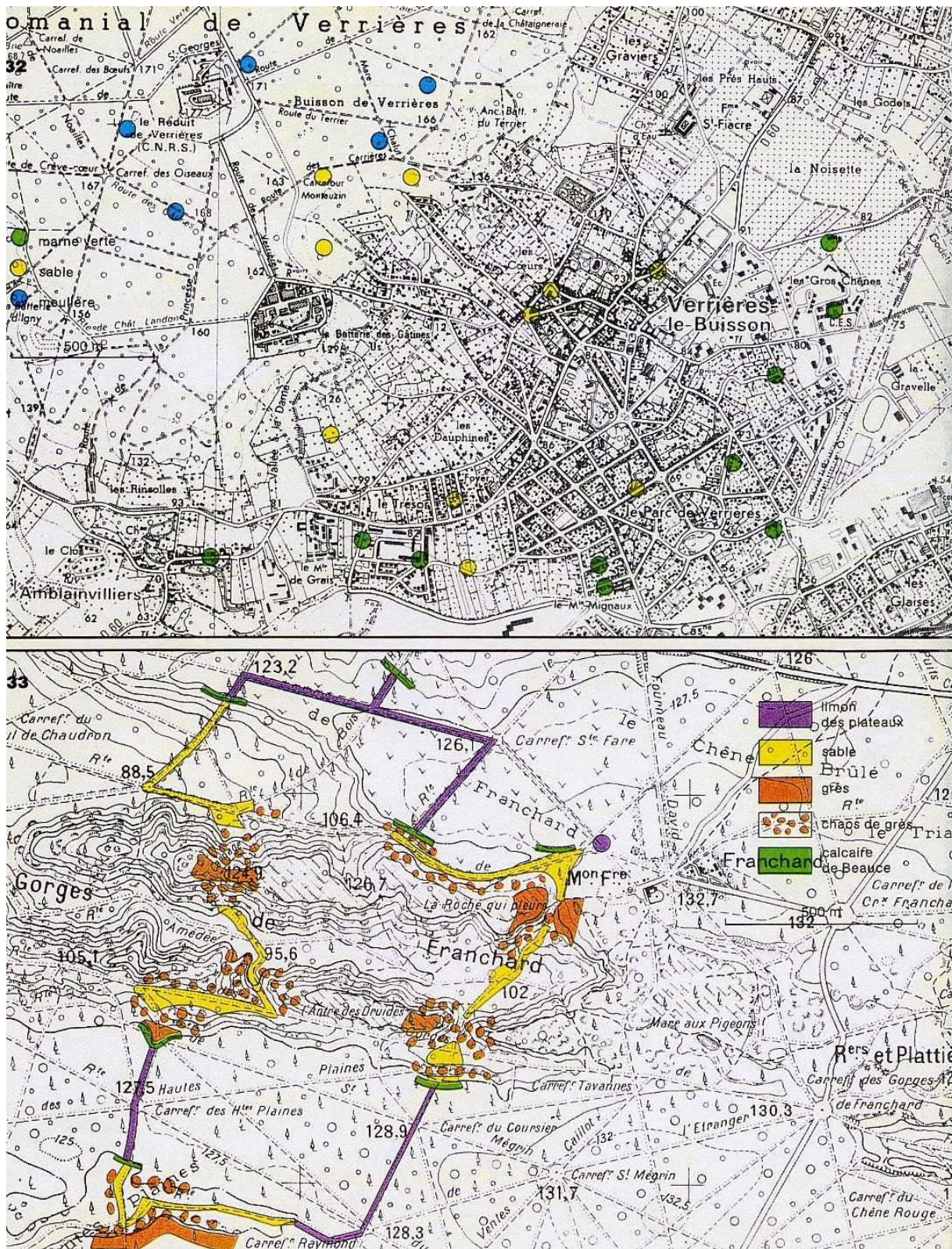


Figure 12 : De la carte d'affleurement à la carte géologique. Extrait de : CAHUZAC-LIEUZERE, S., FREYTET, P., LACASSAGNE, M., LEVEAUX-FLOCH, J. 1979. Sciences naturelles, 4^e. Techniques & Vulgarisation, Paris, p.14.

L'ouvrage de chez Magnard (1979) aborde seulement les conditions du relever, sans proposer pour autant d'exercice pratique. On peut y lire : « le géologue parcourt le terrain et note sur une carte topographique, la position exacte des affleurements, leur extension et leur nature. Il obtient ainsi une série de surfaces correspondant à la même couche. Il suffit de relier tous ces points pour représenter l'extension superficielle de la couche étudiée, même lorsqu'elle n'est pas toujours visible, masquée par les sols et les formations superficielles (éboulis) ». En écrivant « il suffit de »,

les auteurs évacuent tout le problème de l'interprétation et tout l'aspect de construction intellectuelle. En notant « évidemment, la précision de la carte dépendra du nombre de points où l'observation aura été possible », ils ramènent la difficulté de passer d'une carte des affleurements à une carte géologique, à un problème de précision. Le résultat ne dépendrait que de la fréquence des observations.

La carte serait analogique et soumise à la sensibilité (au sens photographique) de l'observation. C'est d'un problème de « grain » qu'il s'agirait.

Les ouvrages de 4^e et de 3^e de chez Belin (1979 et 1980), SCODEL (1979 et 1980), Hatier (1979, 1980), Nathan (1979 et 1980) ne renferment aucun exercice de lever de carte. L'ouvrage de 4^e de chez Hachette (1979) se contente de présenter quelques conseils pour entreprendre une étude géologique sur le terrain et précise seulement en 3^e (1980) que la carte géologique et la notice qui l'accompagne résultent des observations faites sur le terrain par les géologues et de leurs interprétations.

Après 1978, l'exercice est donc proposé chez un seul éditeur. On peut considérer qu'il ne fait déjà plus partie de l'enseignement. A la rentrée 1988, le nouveau programme de la classe de 4^e porte essentiellement sur la tectonique globale et à partir de 1989, il n'y a plus d'enseignement de géologie en classe de 3^e. L'exercice de lever d'une carte géologique simplifiée a disparu des livres scolaires. Présenté avec plus ou moins de détails et de méthode, il a figuré dans les manuels de 1959 à 1978. La part d'interprétation liée à la transposition de la carte des affleurements en une carte géologique était passée sous silence la plupart du temps. Quelques ouvrages ont signalé celle-ci et quelques autres ont conduit les élèves, dans le cas de situations artificielles simplifiées, à effectuer une transposition en s'appuyant sur une hypothèse (contrainte) de disposition des terrains.

L'apprentissage de cette transposition, qui ne figurait pas explicitement dans les programmes, n'a pas été proposé dans les livres scolaires. L'exercice de lever d'une carte géologique simplifiée s'est donc limité lorsqu'il était proposé au report des observations de terrains sur une carte topographique. La dimension interprétative n'a donc jamais donné lieu à un apprentissage.

L'étude des bulletins des Centres régionaux de documentation pédagogique (CRDP) révèle que durant cette période de très nombreuses excursions pédagogiques sont organisées entre enseignants, dans chaque académie²⁰⁴, pour préparer des études de terrain au collège et au lycée. Quelques cartes géologiques locales sont mêmes publiées à cet effet²⁰⁵. On retrouve également mention de sorties de ce genre ou de sorties de classes dans les bulletins de l'Union des naturalistes, puis dans les bulletins de l'Association des professeurs de biologie et géologie. Une démarche dans le sens d'une pratique du terrain a existé, elle a pu s'accompagner du lever par des élèves d'une carte géologique locale simplifiée, mais il reste difficile d'en évaluer la fréquence dans l'enseignement.

3.1.2 Les utilisations de la carte

En dehors de l'exercice de lever d'une carte géologique simplifiée, la carte est l'objet d'exercices de lectures en classe. C'est un enseignement plus classique et « scolaire ».

Parler de lecture de la carte, c'est renvoyer à l'ensemble des processus d'extraction de données, qu'il s'agisse d'une extraction par lecture de la légende ou par construction préalable d'une coupe géologique. C'est également évoquer un niveau supérieur de lecture intégrant de

²⁰⁴ Citons par exemple dans l'Académie de Limoges la publication en 1971 d'un bulletin du CRDP de Limoges : « La géologie en classe de 4^e : esquisse du contexte géologique de l'Académie », suggestion sur le déroulement logique du programme à partir de deux excursions.

²⁰⁵ Citons par exemple : Carte géologique de la Sarthe à usage scolaire. 1967. Bulletin du CDDP, Le Mans. ; Carte géologique des Deux-Sèvres. 1967. Bulletin du CRDP, Poitiers. ; Carte géologique simplifiée de la région lyonnaise au 1/100 000. 1972. Bulletin du CRDP, Lyon.

multiples données ponctuelles dans un discours, un commentaire sur l'histoire géologique de la carte. Lire la carte c'est dans le langage du géologue, l'interpréter.

Ces différents niveaux de lecture renvoient à des étapes distinctes de l'apprentissage de l'interprétation de la carte. Nous les distinguons ici dans notre analyse.

3.1.2.1 La présentation de la carte

Entendons par là l'existence d'un discours sur la carte, sans que celui-ci soit forcément accompagné d'exercices de lecture. Ce type d'enseignement de la carte était celui fréquemment pratiqué, nous l'avons vu, entre 1920 et 1959.

M. Oria, auteur de l'ouvrage de chez Hatier (1963) incite régulièrement les élèves à consulter individuellement les cartes géologiques de détails. Il en présente la lecture à l'aide d'un extrait de la carte géologique de Corbeil au 1/50 000 et appuie ses commentaires sur une coupe simplifiée que l'élève pourrait tout à fait produire à partir de cette carte. Pour l'auteur la carte est avant tout une **base de données** où l'élève va puiser les informations nécessaires à la leçon : la **localisation géographique** des roches étudiées, leurs **relations spatiales**. Curieusement alors que son discours²⁰⁶ invite à travailler sur ces cartes, celles qu'il présente dans son manuel ne sont que des croquis simplifiés renfermant seulement l'information recherchée. La dimension de base de données ne peut être observée par l'élève. L'auteur indique ici les deux usages essentiels qui sont faits de la carte entre 1959 et aujourd'hui : la localisation géographique de roches ou de terrains et la mise en évidence de relations spatiales particulières entre certaines roches (roches plutoniques et roches métamorphiques essentiellement).

P. Vincent, chez Vuibert (1966) consacre un chapitre à l'étude du contenu de la carte. L'emploi de la carte géologique exige du lecteur « qu'il sache auparavant comment ces cartes ont été conçues et bien entendu, quelles sont les caractéristiques des cartes topographiques qui leur ont servi de fond ». Il explique pour cette même raison comment on construit un profil et une coupe géologique. Son approche est très géographique et les rares exercices qu'il propose sont ceux que l'on retrouve dans toute introduction à l'étude des cartes topographiques : mesure de distances et localisation d'un lieu par ses coordonnées géographiques. D'une manière générale, il se limite à la présentation de la carte, sans la faire pratiquer.

Le livre de chez Hachette (1966) renferme huit pages pratiques sur la lecture des cartes géologiques appuyées sur des extraits de Corbeil au 1/50 000 et Neufchâtel au 1/80 000. Hatier (1979) présente lui aussi les cartes topographiques et géologiques avant leur étude. Chez Bordas (1974), la présentation est très formelle et peu pratique.

1978

La réforme de 1978 fait de l'étude des paysages locaux, l'objectif principal de l'enseignement en classe de 4^e. L'utilisation de la carte géologique, pour la préparation des excursions de terrains et la mise en relation des paysages avec la nature des roches ou leur déformation paraît pertinente. Elle est repoussée en classe de 3^e pour la reconstitution synthétique de l'histoire géologique. L'initiation proposée par les programmes en fin de classe de 4^e n'est pas reprise par les manuels.

La carte n'est plus présentée dans les manuels de 4^e de chez Bordas (1978), Belin (1979) et Magnard (1979).

Notons chez Belin, que si le livre lui-même ne renferme pas d'information sur la carte géologique (ni sur sa construction, ni sur son utilisation) il présente, en revanche, un atlas

²⁰⁶ L'auteur met également à disposition des enseignants un livre de documentation renfermant des propositions d'exercices et d'activités, et des séries de diapositives. Quatre de ces vues représentent des extraits de cartes géologiques détaillées des régions étudiées en cours : Toulon, Melun, Evreux et Caen.

cartographique. Celui-ci renferme en plus des cartes, quelques coupes schématiques et des conseils pratiques pour l'excursion et la détermination des échantillons récoltés. L'attention est attirée sur la faible surface du sous-sol visible à l'affleurement mais aucune indication visant à lever une carte n'est donnée. Dans le livre, des renvois sont faits à l'atlas. Il vient alors apporter une information graphique à la leçon en cours : placé en page de garde il peut être ouvert en même temps que le livre rendant ainsi accessible les documents en cours de leçon. L'enseignant peut présenter la carte géologique en s'appuyant sur ces documents. L'ouvrage de 3^e de chez Belin (1980) met à la disposition de l'élève des documents géologiques susceptibles d'appuyer une initiation à la lecture de cartes mais sans en préciser l'usage. L'atlas, joint au livre, propose des extraits de cartes géologiques simplifiées (Corneil et Lagny), deux colonnes stratigraphiques de type coupe géologique et un extrait de la notice de Lagny. Un bloc diagramme d'une vallée avec trois plans sécants (permet l'étude du "V" de vallée) vient compléter cet ensemble de données. Les auteurs écrivent : « il est essentiel que les élèves comprennent que les cartes ne sont pas des représentations exactes de la réalité : ce sont des interprétations établies à partir de l'observation d'affleurements ponctuels, en accord avec des concepts de base. Le fait est particulièrement important en région plissée où la carte géologique est révélatrice de l'interprétation structurale. »

La part d'interprétation est signalée. Il reste aux professeurs à mettre en oeuvre une démarche pour la « révéler » aux élèves. On pourra noter l'embarras persistant lorsqu'on parle d'interprétation : les cartes ne sont pas des représentations « exactes » de la réalité. Nous sommes toujours dans une dialectique du vrai et du faux, or elle n'est pas à propos si l'on considère que la réalité perçue n'est après tout qu'une interprétation.

Le contenu et la légende de la carte sont explicitement présentés dans l'ouvrage de 4^e de chez Technique & Vulgarisation (1979) et de 3^e de chez Hachette (1980).

Hachette introduit la géologie en présentant un ensemble de documents dont un extrait de la feuille de Lagny au 1/50 000 et de sa notice. Les cartes géologiques sont signalées pour leur rôle dans la reconstitution de l'histoire géologique d'une région : elles sont des sources d'informations sur la nature et l'extension des terrains. Elles ne font pas l'objet d'exercices, elles viennent en quelque sorte justifier les informations données dans le texte. Des exercices portent en revanche sur des coupes géologiques.

Une fiche (même fonction que dans le livre de 4^e) est consacrée à l'utilisation de la carte géologique. Précise et pratique, elle en explique le contenu à partir d'un extrait de Vicdessos, au 1/50 000, à la manière d'un schéma légendé. Cette fiche doit permettre à des élèves d'extraire d'une véritable carte géologique de nombreuses informations nécessaires à la reconstitution de l'histoire géologique régionale.

La carte géologique est une représentation des surfaces d'affleurement des différentes roches du sous-sol, elle concerne une partie plus ou moins étendue de la surface terrestre, selon l'échelle, qui peut être 1/1 000 000^e, 1/320 000^e, 1/80 000^e, 1/50 000^e. Les cartes à grande échelle (1/80 000^e, 1/50 000^e) comportent une représentation du relief. Les cartes au 1/50 000^e, les plus récentes, n'existent pas encore pour toute la France. La carte géologique et la notice qui l'accompagne résultent des observations faites sur le terrain par les géologues, et de leurs interprétations. On peut y trouver de nombreux renseignements, comme sur cet extrait de la carte au 1/50 000^e de Vicdessos (Ariège).

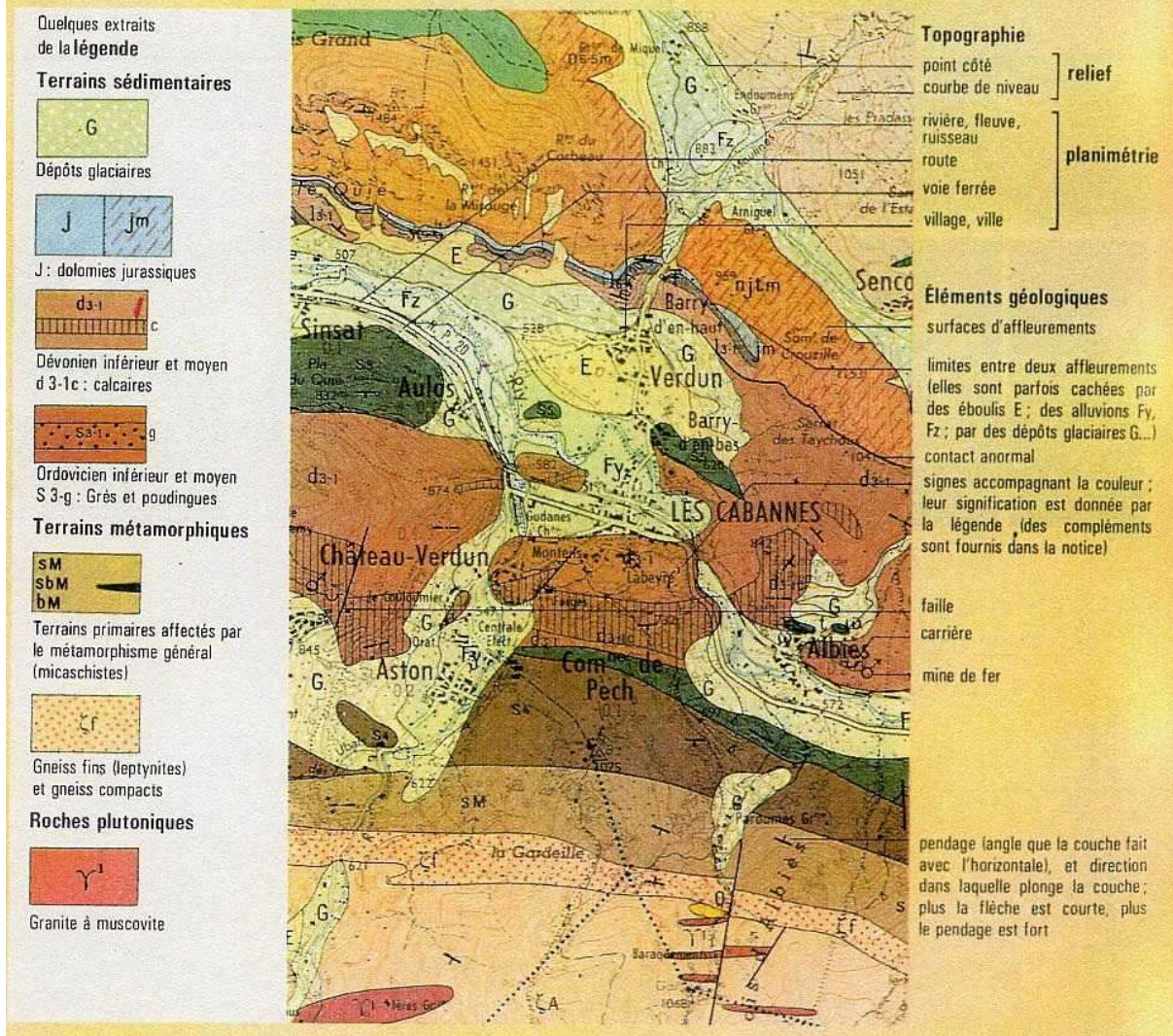


Figure 13 : Présentation de la lecture de la carte géologique. Extrait de : LARUE, R., HATEM, J., GELE, J., MAISONHAUTE, M. 1980. Sciences naturelles, biologie et géologie, 3^e. Hachette, Paris, p. 172.

Le texte qui l'accompagne parle non pas de lecture, mais d'interprétation de la carte comme on le fait en géologie : « l'interprétation de la carte géologique est un exercice difficile. Toutefois, grâce aux connaissances déjà acquises en géologie, elle vous apportera des informations nouvelles, aidant à comprendre la structure d'une région et à reconstituer son histoire géologique ». Le processus d'interprétation est ici pris du côté de la lecture de la carte, au sens de traduction. Il s'agit d'extraire une information cachée, donc de traduire celle-ci en mots, notions, arguments compréhensibles et réutilisables pour communiquer. « Les coupes géologiques réalisées à partir de la carte sont des représentations en partie hypothétiques de la disposition des roches dans le sous-sol ». L'interprétation nécessaire à la production d'une coupe (document dérivé), activité qui constitue un aspect de la lecture de carte, est également soulevée. « La carte géologique et la notice qui l'accompagne résultent des observations faites sur le terrain par des géologues, et de leurs interprétations ». L'interprétation, lors du passage de la carte d'affleurement à la carte géologique est enfin signalée.

Cette fiche permet donc une identification de la part d'interprétation contenue dans la carte et liée à sa construction et sa lecture. Il y a véritablement présentation de la carte. Reste à savoir si

une mise en situation en classe permettait à l'élève d'évaluer cette part d'interprétation par confrontation.

Alors que l'étude de la géologie régionale est remplacée en 1988 par un enseignement de la tectonique des plaques, le livre Hachette 4^e (1988) consacre encore un chapitre à la présentation de la carte géologique. Il traite en quelques lignes de son établissement, de son codage et de la construction d'une coupe.

On peut y lire : « Sur la figure 4-I est représentée une portion de carte géologique simplifiée de Soissons au 1/80 000. La topographie a volontairement été supprimée. Un profil topographique a été tracé. Il correspond à celui passant par la ligne A-B de la carte géologique de France simplifiée ». Quel est l'intérêt de présenter une carte géologique sans topographie pour une étude sur la disposition des couches ? Aucun. Les auteurs font ensuite décalquer ce profil sur un papier millimétré pour y faire reporter les points d'intersection des limites d'affleurements avec le profil. Enfin pour joindre ces limites (en terrain tabulaire), il suffit de faire comme sur le schéma joint (en le répétant deux fois on a la coupe). C'est une caricature d'exercice. Il ne peut que donner l'illusion d'acquérir un savoir-faire. Son intérêt pédagogique ne m'est toujours pas apparu. La carte n'est plus présentée dans les manuels après 1988.

En 1995, les éditions Nathan sortaient un nouveau manuel de 4^e, refonte de celui de 1988. La place de la carte géologique y est très minime (localisation, relation entre roches). Dans le fascicule de « fiches d'identification et de méthodes » ajouté au livre, une fiche s'intitule « Savoir lire et exploiter une carte géologique ». On y indique à l'élève qu'il faut tout d'abord déterminer le type de carte, la localiser géographiquement, en comprendre l'échelle et s'orienter lors de sa lecture par rapport aux villes importantes et fleuves. Sous le titre de conseils pour « exploiter la carte », les auteurs précisent :

« 1) Lire la légende et s'y reporter constamment pour trouver les couleurs ou les symboles utilisés en relation avec le problème géologique posé. 2) Rechercher sur la carte uniquement les informations en relation avec ce même problème. 3) Dégager en premier lieu les grands traits, puis apporter des précisions si nécessaire (et non l'inverse) ».

Ces conseils ne constituent en rien une aide à la lecture spécifique d'une carte géologique. Ils sous-tendent d'ailleurs, que lire se réduit à déterminer quelle roche se trouve en tel point, quel est son âge et inversement. La troisième dimension, les relations structurales entre formations ne sont pas envisagées dans cette lecture.

La carte géologique a fait l'objet d'une présentation (contenu et lecture) dans la plupart des manuels entre 1959 et 1988. Quelques auteurs ont même précisés la part d'interprétation liée à sa construction et à sa lecture, mais ceux-ci restent minoritaires. Bien qu'utilisée dans l'enseignement de ces classes, la carte n'a donc pas été systématiquement présentée et expliquée. Les cartes géologiques étant bien souvent de simples croquis, il est difficile de considérer que l'objet ait été correctement présenté et identifié.

La disparité entre les manuels est à ce sujet suffisamment importante pour être rappelée. La difficulté à évaluer les savoirs enseignés à travers l'étude des livres scolaires s'en trouve augmentée. Quels étaient les livres les plus vendus ? Quels étaient les livres qui avaient le plus d'influence sur l'enseignement réalisé ?

3.1.2.2 Les lectures géographiques

L'étude des livres scolaires avant 1959 a déjà montré une utilisation de la carte géologique comme une carte géographique permettant de localiser les terrains ou les phénomènes géologiques étudiés. Cette lecture souvent très ponctuelle et qui nécessite seulement une compréhension de la

légende, reste également la plus pratiquée après 1959.

Dans l'ouvrage de chez Hachette (1959), l'étude des roches part toujours de l'observation de paysages et s'appuie géographiquement sur une ou plusieurs cartes et coupes géologiques. Prenons quelques exemples. L'étude des roches argileuses est présentée à travers les paysages de la Sologne, avec une carte et une coupe ; l'étude du granite s'appuie sur les paysages du Sidobre et sur la carte des massifs granitiques de la région de Castres ; la carte géologique de la région volcanique d'Auvergne illustre et présente la diversité des roches volcaniques. La carte est donc, au moins, utilisée dans un rôle géographique ; elle l'est également pour poser la question de l'origine des roches à travers leur relation spatiale.

L'importance de la dimension géographique se retrouve dans l'ouvrage de M. Oria chez Hatier (1963) et dans ses propos. L'auteur écrit : « l'un de mes maîtres à la faculté affirmait qu'aucun exposé de géologie ne pouvait se faire sans carte ». Il reprend à son compte cette affirmation en insistant sur le rôle de ces représentations, qu'il s'agisse de cartes topographiques ou géologiques, voire de photographies. L'intérêt de ces cartes, à la lecture de ces considérations, est avant tout de représenter physiquement, de situer dans l'espace géographique les roches et les phénomènes étudiés. Il insiste sur l'intérêt de **la carte et du plan en relief** pour introduire l'étude de la carte géologique : « Avec le plan en relief, les élèves les moins doués sont obligés de comprendre la carte géologique de la région ». Ce n'est malheureusement pas aussi simple qu'il le dit. Quoi qu'il en soit l'utilisation de documents en relief est préconisé pour faciliter la représentation de l'espace. Il explique comment réaliser pratiquement une carte en relief²⁰⁷. On retrouve cette démarche dans plusieurs autres manuels.

Le livre de 4^e de chez Bordas (1974) et de 3^e de chez Belin (1980) proposent d'expliquer la représentation du relief sur les cartes par des courbes de niveau, par une manipulation pratique sur un relief en pâte à modeler. Il s'agit là aussi de rendre « palpable » un document codé abstrait.

Hachette (1979) présente de nombreuses cartes géologiques simplifiées (à l'extrême parfois) et toute une série de questions et d'exercices se rapportant à celles-ci. Il s'agit essentiellement d'extractions de données géographiques, rendues d'autant plus aisées que les cartes sont simplifiées. Il en est à peu près de même pour la réédition du livre de 4^e de chez Magnard (1983).

Ce type de lecture est d'une manière générale présente dans tous les livres scolaires. On précise un lieu et l'on demande à l'élève d'indiquer quelle roche s'y trouve, ou on lui demande de chercher sur la carte où se trouve une roche donnée.

C'est la seule lecture qui persiste avec la régression de l'utilisation de la carte après la réforme de 1988. C'est le cas chez Hachette (1988) et Nathan (1988). De la carte géologique ne sont conservés que des éléments de toponymie.

3.1.2.3 Les cartes thématiques

Les livres scolaires renferment bien souvent des cartes géologiques thématiques simplifiées, c'est à dire des cartes centrées sur un type d'information pétrographique, tectonique, sédimentaire, stratigraphique ou paléogéographique. Ces cartes peuvent dériver de cartes savantes thématiques (on parle de cartes spécialisées) ou être produites à partir d'une carte géologique par extraction sélective de données. L'utilisation de telles cartes renseigne sur la nature des informations recherchées dans la carte géologique.

Ajoutons à cela, que bien souvent les livres scolaires proposent un exercice de lecture particulière de la carte géologique consistant justement à reporter les limites de terrains ou de roches sur un fond géographique simplifié. Il s'agit donc d'un exercice de production de cartes thématiques simplifiées. La carte géologique est alors utilisée comme une base de données.

²⁰⁷ L'auteur cite : LEGEE, M. 1948. Réalisation d'une carte en relief. *Information scientifique*, N°. Paris.

Précisons ces deux aspects de l'enseignement.

- **Les cartes pétrographiques**

L'ouvrage de chez Hachette (1959) renferme quelques cartes pétrographiques qui viennent introduire géographiquement l'étude des roches ou servent de synthèse à ces études. On y trouve ainsi une carte des massifs granitiques de la région de Castres, une carte de la région métamorphique du Sidobre et également une carte pétrographique de la France. La mise en relation de cette dernière avec les informations chronologiques de la carte géologique de la France permet à l'élève d'établir que les grandes périodes géologiques peuvent être caractérisées approximativement par leur pétrographie.

On retrouvera une association semblable vingt ans plus tard dans le livre de 4^e de chez Hatier (1979), pour un exercice quelque peu différent sur les orogénèses. Le livre présente à deux pages d'intervalle une « carte des principales roches de France » et une « carte géologique schématique de France ». L'exercice consiste à rechercher les zones d'orogénèses en recherchant l'association roches sédimentaires plissées et roches cristallines. Il s'agit d'une **lecture-comparaison**. Pour éviter la simplification rapide et fautive qui consisterait à dire que là où « on voit », il y a, et là où « on ne voit pas », il n'y a pas, les auteurs tentent de provoquer l'interrogation de l'élève en affirmant : « les régions sans trace d'orogénèse peuvent tout de même avoir subi des orogénèses ». La séparation en deux cartes permet de distinguer un phénomène sous l'angle pétrographique et structural avant de le replacer dans un contexte géochronologique. P. Vincent chez Vuibert (1966) se contente de présenter quelques cartes pétrographiques simplifiées.

Revenons au livre de chez Hachette (1959). Il se termine par un chapitre consacré aux chaînes de montagnes et un autre consacré aux bassins sédimentaires. C'est l'occasion d'établir une synthèse descriptive appuyée sur la carte géologique de la France. Les auteurs proposent alors en « exercice d'observation » de **reproduire cette carte** et d'y reporter les régions montagneuses, en rouge pour les massifs hercyniens, en bleu pour les terrains secondaires plissés et en jaune pour les fossés d'effondrement remplis de sédiments tertiaires. La finalité d'un tel exercice peut paraître limitée aujourd'hui. C'est un tort car il exerce la mémoire. L'élève dans cet exercice est amené à extraire sélectivement des informations avant de les reporter de manière codée. On retrouve cet exercice une bonne dizaine de fois dans l'ouvrage.

Le livre de M. Oria chez Hatier (1966) propose également plusieurs exercices de ce type. Les cartes pétrographiques sont alors construites soit à partir de cartes géologiques (extraction sélective de données) soit à partir des observations faites dans la région (**construction** au sens strict).

- **Les cartes paléogéographiques**

Depuis le début de l'enseignement de la géologie au XIX^e siècle, des cartes des terres et des mers aux différentes époques ont été régulièrement présentées dans les livres scolaires. Associées à une carte géologique de la France, elles venaient illustrer « l'évolution des sols français » au cours des ères géologiques. Les premières étaient à l'image des célèbres cartes de L. Figuiet. Elles étaient construites en prenant pour anciens rivages les contours actuels des affleurements à l'échelle de la France.

Des cartes des terres émergées sont également présentes après 1959, sous diverses appellations dans la plupart des manuels : Hatier (1963, 1973, 1980), Vuibert (1966), Hachette (1966), Bordas (1968, 1978), Technique & Vulgarisation (1978, 1980), Magnard (1979). Elles servent d'appui à l'enseignement de l'histoire géologique de la France ou de ses régions. La présentation et l'utilisation qui en sont faites sont très homogènes d'une maison d'édition à une autre. On peut dès lors affirmer que les cartes paléogéographiques ont servi d'appui illustratif à l'enseignement de l'histoire géologique en classes de 4^e et de 3^e de 1959 jusqu'à 1988.

Prenons l'exemple du livre de M. Oria chez Hatier (1963). Le chapitre de géologie historique renferme un ensemble de cartes « paléogéographiques » (le terme n'est pas indiqué en légende) du Monde, de l'Europe et de la France à différentes ères ou périodes. Ces cartes indiquent

l'étendue des mers et viennent illustrer le texte. Une carte géologique de la France leur succède. Elle est accompagnée d'une courte histoire géologique de la France, qui ajoute au discours sur les transgressions et régressions la présentation des phases orogéniques successives. Ces cartes des mers aux différentes époques sont des cartes de synthèse, très différentes sur le fond de celles de L. Figuiet. Elles proviennent d'essais de reconstitutions paléogéographiques aux différentes époques.

Le livre de 3^e de chez Technique & Vulgarisation (1980) innove : il **fait construire des cartes paléogéographiques** à partir des observations locales. Les auteurs demandent aux élèves de reporter sur un fond géographique actuel tous les points observés d'une époque donnée : il s'agit à nouveau d'un exercice de lecture sélective de la carte géologique. Le risque de cet exercice c'est de retomber sur des cartes semblables à celles de L. Figuiet. Le texte est là pour corriger cette interprétation. Il met bien en avant les hypothèses, les interrogations et les suppositions nécessaires à l'interprétation de ces observations. Un des paragraphes s'intitule : « tenter d'interpréter la carte de répartition des terrains sédimentaires. » Il s'agit bien d'une interprétation : elle s'appuie sur les fossiles (marins dans l'exemple), sur la sédimentation ou l'absence de sédimentation et conduit à préciser l'emplacement des éventuelles lignes de rivages. L'élève est conduit par un jeu de questions auxquelles le texte répond en posant de nouvelles questions. Cette proposition de reconstitution (p. 131) est ensuite soumise à la validation par des arguments sédimentologiques et paléocologiques (biotope des fossiles).

Le raisonnement est conduit progressivement pour justifier la reconstitution proposée. C'est une démonstration méthodique qui est faite. Elle demanderait, pour être appliquée par les élèves, des documents et un encadrement bien supérieur à ce qui peut se faire alors. Des exercices, réinvestissant certains des arguments exposés précédemment dans d'autres circonstances, viennent clore ce chapitre.

Les auteurs font un véritable effort de présentation, d'explication, de la démarche en géologie lors de la construction de cartes. L'aspect synthétique de ces documents est bien mis en évidence ; la part de l'interprétation également. Les conclusions proposées sont prudentes et prétendent plus être vraisemblables que vraies.

Cette mise en garde figure également dans le livre de 3^e de chez Hatier (1980) : « les cartes géologiques permettent de reconstituer la géographie des époques anciennes (paléogéographie). Pour cela, il faut suivre les affleurements correspondant à un âge déterminé (...). Cette reconstitution est en partie hypothétique, du fait de la discontinuité des affleurements ». Ce livre se contente par contre de les utiliser.

Ces cartes n'ont pas tout à fait disparu avec le programme de 1988. En 1995, le manuel de 4^e de chez Nathan (refonte de celui de 1988) renferme encore des cartes paléogéographiques. Elles ne se contentent plus de distinguer les terres des mers, elles précisent la profondeur et la nature du fond. Un exercice (p. 111) fait décrire le cadre géographique de la région de Canjuers il y a 140 Ma à partir d'une « carte géologique actuelle et simplifiée de la région » (croquis géologique tout à fait particulier indiquant les profondeurs de faciès des roches âgées de 140 Ma). Il est alors demandé : « à partir de la paléogéographie, indiquez la nature de la croûte (continentale ou océanique) sur laquelle les sédiments se déposaient il y a 140 Ma ». Les cartes paléogéographiques associées aux cartes géologiques (croquis) servent de documents à une reconstitution géodynamique.

3.1.2.4 L'étude des relations spatiales entre terrains

L'étude de la disposition relative des terrains les uns par rapport aux autres permet d'aborder les aspects chronologiques de leur mise en place, condition nécessaire à la reconstitution de l'histoire géologique d'une région. Ces dispositions relatives résultent de phénomènes liés à la sédimentation, au magmatisme, au métamorphisme, à la tectonique et à l'érosion. L'étude de ces dispositions permet de s'interroger sur leur origine et peut donc se concevoir comme une

introduction à l'étude des phénomènes en cause. L'étude des relations spatiales entre terrains constitue le fondement de l'étude géologique de la carte.

L'étude de la disposition spatiale des terrains s'enrichit logiquement de la réalisation d'une coupe géologique qui produit la troisième dimension codée dans la carte. La combinaison de la carte et des coupes aide à la représentation individuelle de la disposition spatiale des terrains.

L'étude des relations spatiales entre terrains, entre roches, vise soit à établir des chronologies relatives, soit à introduire une étude tectonique descriptive, soit à s'interroger sur l'origine des roches métamorphiques. Elles font appel tout d'abord aux cartes et/ou aux coupes.

Les **études de chronologie relative** s'appuient le plus souvent sur des coupes géologiques : Hatier (1959), Nathan (1988). Lire une chronologie relative sur une carte nécessite en fonction de la région la détermination préalable des épisodes de déformations (plissements, fracturations), de métamorphisme, de plutonisme, de volcanisme. Il faut mentalement « remettre à plat » les roches sédimentaires. Ceci nécessite donc un important travail de spatialisation. La construction d'une coupe est une étape dans ce sens. Sur une coupe, le temps peut se lire de bas en haut (les manuels ne présentent guère de séries renversées) et les épisodes de déformation ou de plutonisme se traduisent par des déformations des « lignes » de dépôts des roches sédimentaires. Lire le temps sur un linéaire est de fait beaucoup plus facile que sur un plan.

La lecture directe de la chronologie sur la carte est plus riche d'informations mais plus difficile aussi. Peu d'ouvrages la proposent. C'est le cas cependant du livre de 3^e de chez Hatier (1980). Il utilise quatre extraits de cartes géologiques au 1/50 000 pour des exercices de chronologie relative et de lecture des légendes. Il réduit par contre la présentation de la carte à un simple rappel de la classe de 4^e : « le principe de la représentation consiste à donner aux dépôts du même âge une même couleur et un même sigle ».

L'ouvrage de chez Bordas (1974) appuie son étude des déformations sur une série de coupes. Il s'agit autant, sinon plus, d'une modélisation des phénomènes que d'une présentation de situation. Hatier (1979) illustre également ses études structurales avec des coupes et SCODEL en classe de 3^e (1980) utilise l'association de cartes et de coupes pour faire réfléchir sur la disposition relative des couches. Le livre de chez Bordas (1988) présente quelques cartes géologiques simplifiées associées avec des coupes. Elles font l'objet de questions sur les relations entre les roches (érosion différentielle, intrusion des granites, structure en couches du Bassin de Paris, métamorphisme).

Bien souvent cet exercice est proposé en introduction à un chapitre, pour réclamer une explication. Lorsque le manuel propose une étude de tectonique descriptive (allure de différents plis) il fait appel aux coupes.

L'étude **de l'origine des roches métamorphiques** est classiquement introduite par la présentation d'une carte d'un massif granitique avec son auréole de métamorphisme et la coupe correspondante. C'est le cas par exemple du livre de chez Hachette (1959), Hatier (1963), Bordas (1974), Magnard (1980), Hachette (1988). Le massif de Flamanville est à ce sujet le plus célèbre de la littérature scolaire, il est présent dans les manuels depuis quasiment le début du siècle. Notons au passage l'importance démesurée qui fut ainsi donnée au métamorphisme de contact, qui s'impose au collègue comme le métamorphisme.

Quelques livres proposent également des exercices de construction de coupes.

C'est le cas par exemple de celui de P. Vincent chez Vuibert (1972), de celui de chez Hachette (1973) et de chez Hatier (1979). L'ouvrage de chez Bordas (1974) est annonciateur de l'évolution vers la modélisation qui est en train de s'opérer à cette époque. L'exercice de coupe s'appuie sur une carte géologique simplifiée. La coupe obtenue est bien sûr elle aussi simplifiée, comme toutes les coupes de ce manuel qui s'apparentent surtout à des schémas. Les coupes présentées ne sont plus des tentatives pour traduire verticalement la disposition des terrains observée sur la carte, elles sont déjà des modélisations des phénomènes. Il ne s'agit pas de coupes géologiques construites à partir de cartes géologiques mais de modélisation à partir de nombreuses

coupes.

L'ouvrage de chez Hachette (1979) explique en détails, dans une fiche, la méthode pour construire un profil topographique. Dans un autre chapitre, il propose la réalisation de deux coupes. En classe de 3^e quelques exercices sont proposés également sur des coupes. Le livre de chez Magnard (1980) propose une coupe géologique comme exercice récapitulatif à l'histoire géologique d'une région. Alors que les autres cartes du manuel correspondent essentiellement à des croquis simplifiés, l'exercice s'appuie ici sur des extraits de cartes topographique et géologique de bonne qualité graphique.

Lorsqu'un exercice de construction de coupe est proposé, il fait suite à celui de réalisation d'un profil topographique. Dans les manuels de 4^e, il s'agit généralement d'une carte simplifiée de la région parisienne (Corneil, Melun, Paris). L'exercice de construction de profils topographiques n'est parfois pas précédé d'un apprentissage, celui-ci est considéré comme du domaine de l'enseignement de la géographie. Comment passe-t-on alors du profil à la coupe géologique ? Généralement très rapidement en reportant sur le profil les limites d'affleurement des formations cartographiées le long du profil, puis en reliant ces points en se plaçant dans une situation où tous les terrains sont à plat. La coupe finie est souvent fournie. Que le choix d'une carte pour une initiation se porte sur une région tabulaire, rien de plus logique, reste que sans un deuxième exercice en zone plissée, une inconnue persiste pour l'élève : comment construit-on les coupes illustrant le manuel généralement localisées en zones plissées, ou avec une discordance ou une intrusion plutonique ! Si l'objectif n'est pas d'apprendre à l'élève à construire une coupe, mais de lui montrer la disposition des terrains en profondeur, n'est-il pas suffisant de se limiter à la présentation de coupes naturelles en photographies ou de coupes toutes faites sans explications sur la construction ?

Dit autrement, cette ébauche d'apprentissage fournit seulement l'ébauche de l'explication de la construction des coupes, de la perception de la troisième dimension. Il n'y a pas en classe de 4^e d'apprentissage de la lecture de la troisième dimension de la carte géologique. La carte ne peut donc pas servir directement à des études tectoniques.

La place de la carte ou de l'association carte et coupe se réduit dans les années 70, concurrencée par **l'utilisation de blocs-diagrammes géologiques**. Dans un premier temps ces blocs sont associés aux cartes et coupes, par la suite ils s'y substituent. Ils ont l'énorme avantage, non seulement d'associer en perspective le plan horizontal et le plan vertical, mais également de représenter en relief (effet perspective toujours) la surface de la carte. Il assure enfin sur le même dessin la continuité entre la surface et la profondeur.

Le livre Bordas (1974) présente un travail sur les trois dimensions conduit à l'aide de blocs-diagrammes géologiques. Après la réforme de 1978, l'utilisation de ces blocs diagrammes se généralise : Belin (1979), Technique & Vulgarisation (1979), Nathan (1980). L'ouvrage de chez Nathan (1980) se sert de ces blocs pour résumer l'histoire géologique des différentes régions de France, en association avec une photographie de paysage et un texte de géologie historique.

Notons que l'usage de ces blocs est beaucoup plus important dans les manuels où l'aspect géodynamique global est le plus fort. La modélisation apparaît déjà dans ces blocs. Après 1988, alors que l'enseignement de la géologie régionale est remplacé par celui de la tectonique globale, les manuels renferment de plus en plus de croquis en perspective, mêlant blocs-diagrammes géologiques simplifiés et modélisation du fonctionnement des frontières de plaques. Il est impossible pour l'élève de distinguer les uns des autres.

En résumé, on peut dire que le travail sur la troisième dimension ou l'apprentissage d'une production de la troisième dimension à partir du plan n'a jamais été un objectif de ces manuels. L'exercice de construction de coupes géologiques n'est pas un exercice de la classe de 4^e, même si quelques auteurs le proposent. Il s'agit alors dans ces cas d'un exercice sur l'allure générale des couches plus qu'un apprentissage de la technique de la coupe. L'étude simultanée de la carte et

d'une coupe n'a servi qu'à introduire des problématiques sur l'histoire géologique (déformation, origine des roches) et sans qu'il y ait d'exercices cherchant à se représenter les couches dans les trois dimensions de l'espace. La difficulté réelle à se représenter l'espace à partir de sa trace dans deux plans perpendiculaires (la carte et la coupe) a été contournée par l'utilisation de figures simulant les trois dimensions : les blocs diagrammes géologiques.

3.1.2.5 L'histoire géologique

Pour reconstituer l'histoire géologique d'une région, comme cela fut demandé dans le programme des classes de 4^e puis de 3^e, les auteurs ont tout naturellement eu recours à la carte géologique. Naturellement, parce que l'un des principaux intérêts de la carte par la richesse et la diversité des informations qu'elle renferme (chronologiques, stratigraphiques, pétrographiques, sédimentaires, tectoniques) est de permettre par un commentaire méthodique de reconstituer l'histoire géologique d'un lieu ou d'une région.

Le commentaire de la carte géologique de la France n'est plus au programme après 1959, mais l'histoire géologique de la France le reste. Une carte géologique simplifiée de la France figure dans la plupart des ouvrages. Elle a servi parfois, à établir la stratigraphie générale de la France (Hachette, 1959) ou à mettre en évidence les grandes régions géologiques (Hachette, 1973). En revanche, l'étude des différentes ères géologiques s'est appuyée généralement sur des cartes des terres et mers aux différentes époques (type carte paléogéographique) : Hatier (1963), Vuibert (1966), Bordas (1968), Bordas (1978).

L'étude géologique de la France part souvent d'un exemple de reconstitution (commentaire géologique) établi à partir de cartes simplifiées du Bassin parisien : Vuibert (1966), Bordas (1968), Vuibert (1972)

L'un des buts clairement affichés du programme de 1970 était d'utiliser les connaissances acquises sur les roches et terrains pour tenter de comprendre la géologie régionale. Les ouvrages des différentes maisons d'édition ont appuyé ou illustré généralement cet enseignement avec des cartes géologiques régionales simplifiées, des cartes paléogéographiques et des blocs-diagrammes géologiques : Hatier (1973), Bordas (1974), SCODEL (1980).

Dans le livre de chez Bordas (1974), la présentation de la géologie régionale (Paris et le Bassin de Paris, Clermont-Ferrand et le Massif central, Grenoble et les Alpes) s'appuie à chaque fois sur des cartes, des blocs-diagrammes géologiques et des coupes. Ces documents ne donnent pas lieu à un travail, au moins explicitement. Ils s'accompagnent de commentaires géologiques, type commentaire de la carte géologique de la France sous un angle chronologique. L'étude de la formation des Alpes est illustrée par une série de coupes géologiques (de schémas) reconstituant les étapes chronologiques de cette formation.

Le livre de 3^e de chez Technique & Vulgarisation (1980) renferme également deux extraits de carte (une au 1/50 000 en courbe de niveau, l'autre au 1/80 000 en hachures) accompagnés d'un bloc-diagramme. Ce sont les blocs-diagrammes surtout qui permettent de visualiser et de comprendre les phénomènes de plissement et de fracturation étudiés.

L'exemple de reconstitution de l'histoire géologique de la Provence s'appuie entièrement sur l'identification de terrains sur une carte géologique. Bien que cela ne soit pas précisé, l'histoire ici proposée est une lecture organisée d'une carte géologique, de type épreuve de cartographie. L'histoire est racontée plus que reconstituée. Un exercice de lecture de chronologie relative, et par conséquent de restitution, est proposé sur un croquis d'une carte et d'une coupe géologiques (très schématiques) du plateau de Gergovie et sur un croquis dans le Massif armoricain. Dans ce deuxième cas, le bloc-diagramme qui accompagne la carte suffit pour répondre à la question : la carte est inutile.

A partir de 1980 on peut noter que bien souvent le commentaire géologique proposé en texte est d'un niveau supérieur à celui que peut produire l'élève avec les documents mis à sa disposition : Nathan (1980), Belin (1980).

Le chapitre sur l'histoire géologique régionale du livre de 3^e de chez Belin (1980), par exemple, est un cours démonstratif et monstratif, de bon niveau (type cours de DEUG sur la géologie de la France). Il s'appuie sur des cartes géologiques régionales (extraits simplifiés de la carte géologique de France), des coupes et des photographies de structures géologiques. La carte géologique du Massif armoricain va jusqu'à présenter une cartographie du plateau continental avec le même code de couleur que pour les formations terrestres équivalentes, mais en hachures au lieu d'être en couleur pleine²⁰⁸. Cette innovation cartographique ne trouve toutefois pas de prolongement dans le texte. A ces cartes de grande qualité viennent s'ajouter en fin de chapitre, dans la partie magazine (les pages magazines ajoutent à l'étude, soit la présentation de techniques, soit un éclairage historique ou d'actualité...) six cartes paléogéographiques retraçant des étapes de l'histoire sédimentaire de la France (terres et mers à différentes époques). Les cartes paléogéographiques sont également utilisées dans le livre de chez Hatier (1980).

L'histoire géologique est remplacée en 1988 par l'histoire tectonique du globe. Le livre de chez Bordas (1988) réduit alors cette histoire à la présentation en dernière page d'une carte géologique de la France et d'un extrait de l'ouvrage de la Société géologique de France intitulé : Histoire de la Terre notre planète²⁰⁹. L'histoire s'arrête là.

L'enseignement de l'histoire géologique régionale s'est appuyée brièvement sur des cartes géologiques simplifiées, mais n'a pas proposé de véritable travail de commentaire de cartes géologiques. Les textes des différents auteurs ne signalent pas de travaux à effectuer sur des cartes géologiques de détail ou mieux sur les cartes au 1/320 000. La dimension chronologique de ces discours s'appuie essentiellement sur des blocs-diagrammes.

3.1.3 Les cartes géologiques présentées : fond et forme

Nous avons parlé tout au long de cette étude de cartes géologiques, parce qu'elles sont dénommées de cette façon dans les livres étudiés, ou parce que leur contenu justifiait au moins partiellement une telle appellation. Il convient de préciser que cette désignation recouvre une grande disparité de documents.

On peut distinguer trois cas de présentation :

- 1) des extraits de cartes au 1/50 000 ou au 1/80 000,
- 2) des extraits de cartes simplifiées,
- 3) des extraits de croquis abusivement dénommés cartes.

La présentation d'extraits de cartes géologiques est peu fréquente, lorsque c'est le cas elles ne sont pas accompagnées de leur légende et leur rôle est illustratif. En règle générale les auteurs présentent des **cartes simplifiées**. Le premier niveau de simplification consiste à supprimer les indications de relief ou à les réduire à quelques points cotés. Cette simplification rend très approximatif, voire empêche toute construction de profils topographiques.

La simplification est aussi toponymique, avec des cas extrêmes sans aucun repère. En général disparaissent les chemins, les habitations, les indicateurs de végétation.

D'un point de vue géologique, disparaissent systématiquement les indications de pentages et de directions, ce qui rend *quasi* impossible toute reconstruction des terrains en profondeurs. La troisième dimension est supprimée (même parfois lorsqu'un exercice de construction de coupe est

²⁰⁸ Cette carte semble empruntée à la carte géologique de la France et de la marge continentale au 1/ 1 500 000 (1980) ou plutôt à sa maquette compte tenu de la date.

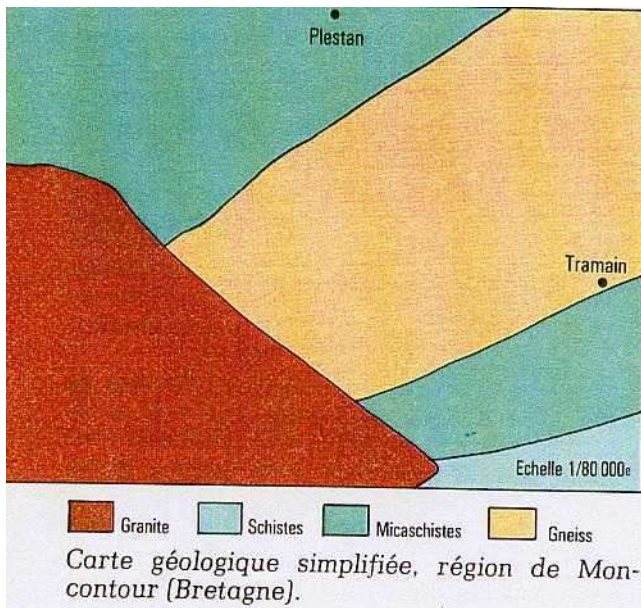
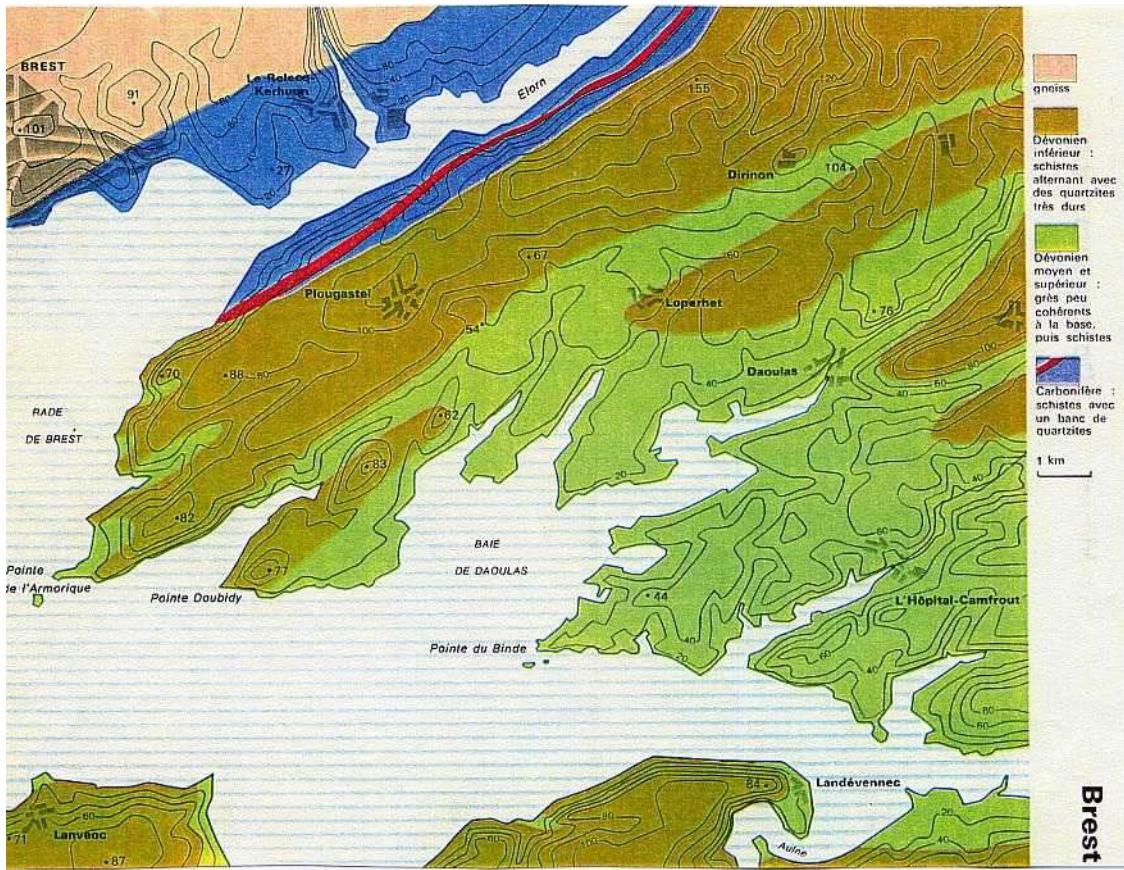
²⁰⁹ S. G. F. 1984. Histoire de la Terre notre planète. Paris : Société Géologique de France, 192 p.

demandé). De même la double désignation des terrains par la couleur et une lettre est rarement conservée. Les formations sont souvent regroupées. S'il s'agit d'une question de pétrographie il n'y a que l'information pétrographique et inversement s'il s'agit d'une question de chronologie. Au delà des regroupements, des terrains peuvent être éliminés de l'affleurement. Celles-ci aboutissent parfois à réduire la carte à quelques taches de couleur avec le nom d'une localité. Ces cartes ne renferment généralement qu'une seule information (tel terrain est à côté de tel autre, autour de tel autre...), celle répondant à la question posée.

L'objet carte géologique présenté dans les manuels est très variable dans son contenu : la carte est reconstruite selon le rôle qu'on lui fait jouer. Il est difficile dans ces conditions de se faire une idée correcte de ce qu'est une carte géologique. L'élève va identifier des invariants extrêmement réduits correspondants à la notion **de croquis géologique** et non au concept de la carte géologique. L'aspect géologique est au sens propre caricaturé, c'est-à-dire ramené à quelques lignes hypertrophiées : « ici se trouve du granite, ici des roches métamorphiques qui forment des bandes sur le sol... » Ces présentations ne sont pas sans conséquences sur l'apprentissage.

Comment le discours tenu dans le texte sur la richesse informationnelle des cartes géologiques peut-il être compris avec de telles cartes ? Un conflit ne peut que s'opérer dans l'esprit de l'élève, conflit non préparé et donc sans réponse, ni élément de réponse. Ce décalage ne peut qu'augmenter l'ambiguïté et éloigner l'élève d'un recours personnel à la carte géologique. Ce genre de conflit conceptuel est pourtant à éviter, en absence d'un travail sur les cartes.

Cette simplification poussée des cartes géologiques est à mettre en relation bien sûr avec la complexité de la carte géologique de référence et les objectifs de l'enseignement de ces classes de premier cycle. L'introduction d'un enseignement de la géologie centrée sur celui de la tectonique globale, s'est accompagnée de l'introduction de nombreux schémas et représentations (en plan ou en perspective) très dépouillés dans le tracé et le contenu, et issus de modélisation des phénomènes tectoniques étudiés. Cette tendance simplificatrice dans la présentation des cartes pourrait être un glissement de la carte, vers le schéma, puis vers le modèle. Il y a un détournement de signification et de concept. L'étude de l'enseignement en classe de 1^{re} D puis de 1^{re} S apporte des éléments complémentaires à cette réflexion.



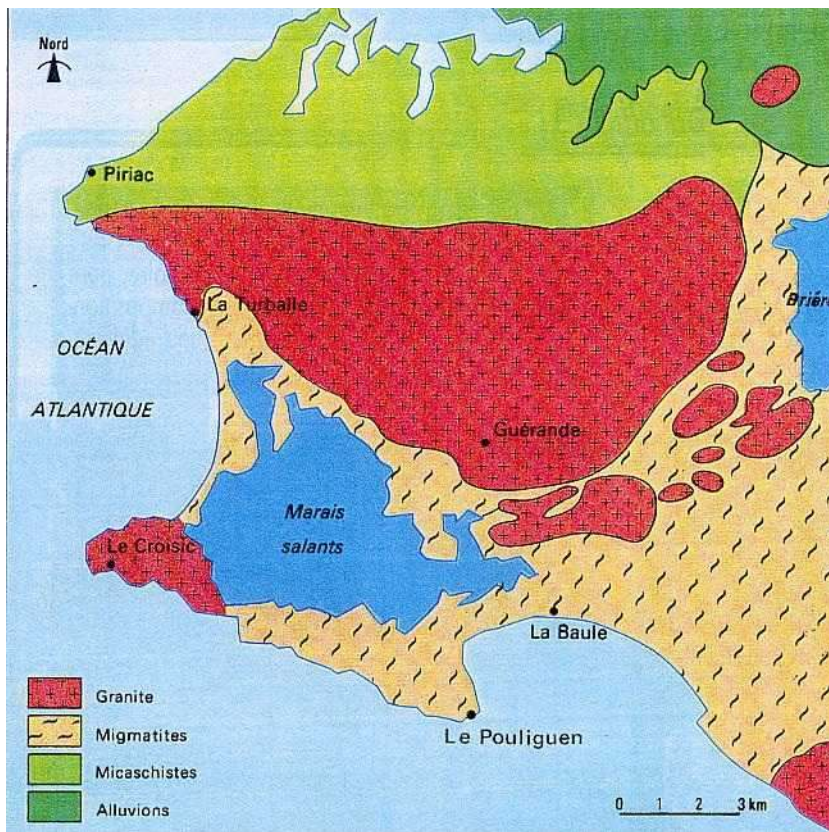


Figure 14 : a) BERGERON, J., DUCROZ, M. et GOHAU, G. 1973. Géologie, 4^e. Coll. M. Oria, Hatier, Paris, p. 86 et p. 124. b) PERILLEUX, E. et al. 1988. Biologie, Géologie, 4^e. Nathan, Paris, p. 73. c) LARUE, R. et al. 1979. Sciences naturelles : géologie/biologie humaine, 4^e. Hachette, Paris, p. 78.

3.2 L'enseignement en lycées

Le programme de 1958 de 1^{re} M' est entièrement consacré à la biologie. A la rentrée de 1966 la création de la classe de 1^{re} D s'accompagne d'une introduction à un enseignement de géologie. C'est le plus ambitieux programme d'enseignement de la carte géologique proposé dans le secondaire jusqu'à ce jour. La carte géologique est un document majeur pour chaque chapitre.

En 1982, les classes de 1^{re} D et de 1^{re} C sont réunies en une classe de 1^{re} S. L'important programme de géologie de cette nouvelle classe est désormais limité à l'échelle du Globe avec un enseignement de la tectonique des plaques.

Le programme de 1^{re} D est resté stable pendant quinze ans. La grande homogénéité des manuels de cette classe en rend particulièrement intéressante leur étude comme contribution à l'étude des savoirs enseignés.

3.2.1 Caractérisation de l'enseignement de cartographie en classe de 1^{re} D

Rappelons dans les grands traits le programme de cette classe :

1) Analyses comparées de cartes topographiques, géologiques et de photographies aériennes ; 2) notions de pétrographie et paléontologie ; 3) notions de stratigraphie appuyées sur

« l'établissement, à partir d'une carte au 1/50 000 de préférence, d'un profil topographique et de la coupe correspondante, dans un bassin sédimentaire » ; 4) notions de tectonique en s'appuyant sur la construction d'une coupe en région plissée ; 5) essai de synthèse géologique régionale. Cinq livres scolaires seulement ont été publiés sur ce programme.

3.2.1.1 Présentation des cartes et analyse comparée des cartes et photographies aériennes

L'ouvrage de chez Hachette (1967) est un cours de géologie présentant en 9 chapitres les différentes branches de la discipline : pétrographie, paléontologie, micropaléontologie, stratigraphie, tectonique, morphologie, pédologie. Le premier chapitre sert d'introduction à la géologie : il est consacré à la **présentation des cartes**. Le but de l'étude en 1^{re} D est de mettre en évidence dans un cadre régional les relations entre la géographie physique et la géologie.

L'étude de la géographie physique s'appuie sur des photographies aériennes et des cartes topographiques. Ces cartes sont sommairement présentées dans leur construction et dans leur diversité (cartes au relief en courbes de niveau ou en hachures à différentes échelles). La légende de la carte géologique est étudiée. Une double page rassemble un extrait de photographies aériennes, des cartes topographiques au 1/50 000 et au 1/80 000 et des cartes géologiques à ces mêmes échelles accompagnées de leur légende. L'association de ces différents documents est une des caractéristiques de l'enseignement de cette classe. Ce chapitre tient à montrer comment la carte géologique s'appuie sur les différentes notions géologiques développées dans les chapitres suivants. A cette introduction fait suite un beau vis-à-vis de la carte topographique de France et de sa carte géologique. Il permet d'aborder les relations entre géologie et géomorphologie. Elles sont développées en s'appuyant sur des blocs-diagrammes qui illustrent les notions de structures tabulaires, structures plissées, de discordances majeures, de failles et d'intrusions. L'association du graphique et du texte descriptif permet de présenter très rapidement des éléments géologiques nécessaires à une lecture en trois dimensions de la carte géologique.

On retrouve quelques extraits de cartes géologiques pour illustrer l'étude pétrographique et préciser la disposition des terrains métamorphiques (métamorphisme général avec la série métamorphique de la carte de Tulle, métamorphisme de contact avec le granite de Flamanville).

Les éditions Armand Colin²¹⁰ proposent un « fascicule pour travaux pratiques de sciences naturelles en 1^{re} D ». Il ne s'agit pas d'un ouvrage de cours, c'est même une première dans le genre. C'est un recueil de 29 séances de travaux pratiques. Pour chaque séance sont précisés les objectifs, la place dans le déroulement du cours, le matériel nécessaire, la nature et le déroulement de l'activité. Quelques planches séparées viennent accompagner l'ouvrage : photographie aérienne, extraits de cartes topographique, orographique, géologique, etc.

La 11^{ème} séance propose un travail d'analyse comparée de cartes (topographiques et géologiques) et de photographies aériennes. L'un des buts affichés est de « s'entraîner à l'usage de la carte géologique qui représente la synthèse des observations faites sur le terrain et des études réalisées au laboratoire par le géologue ».

L'exercice proposé consiste dans un premier temps à décalquer pour partie une carte topographique puis à y ajouter les grands ensembles naturels (forêts, champs, prés) observés sur la photographie aérienne. Ces ensembles naturels sont alors mis en relation avec la lithologie : des pentes sont mesurées, le pendage est défini. Une lecture de la carte géologique (extraction de données ponctuelles) est alors proposée : elle distingue les légendes stratigraphique, tectonique et technique.

Géologie, topographie et ensembles naturels sont ainsi mis en relation. L'élève peut alors s'interroger sur les raisons de ces relations. Les cartes servent ainsi à poser les problèmes qui conduisent à l'enseignement de notions de géologie.

²¹⁰ Le monde de l'édition du livre scolaire est assez fermé, surtout en sciences naturelles. Les éditions Armand Colin, n'étaient plus présentes depuis la réforme de 1959. L'ouvrage qu'il propose en 1967 n'a pas de suite.

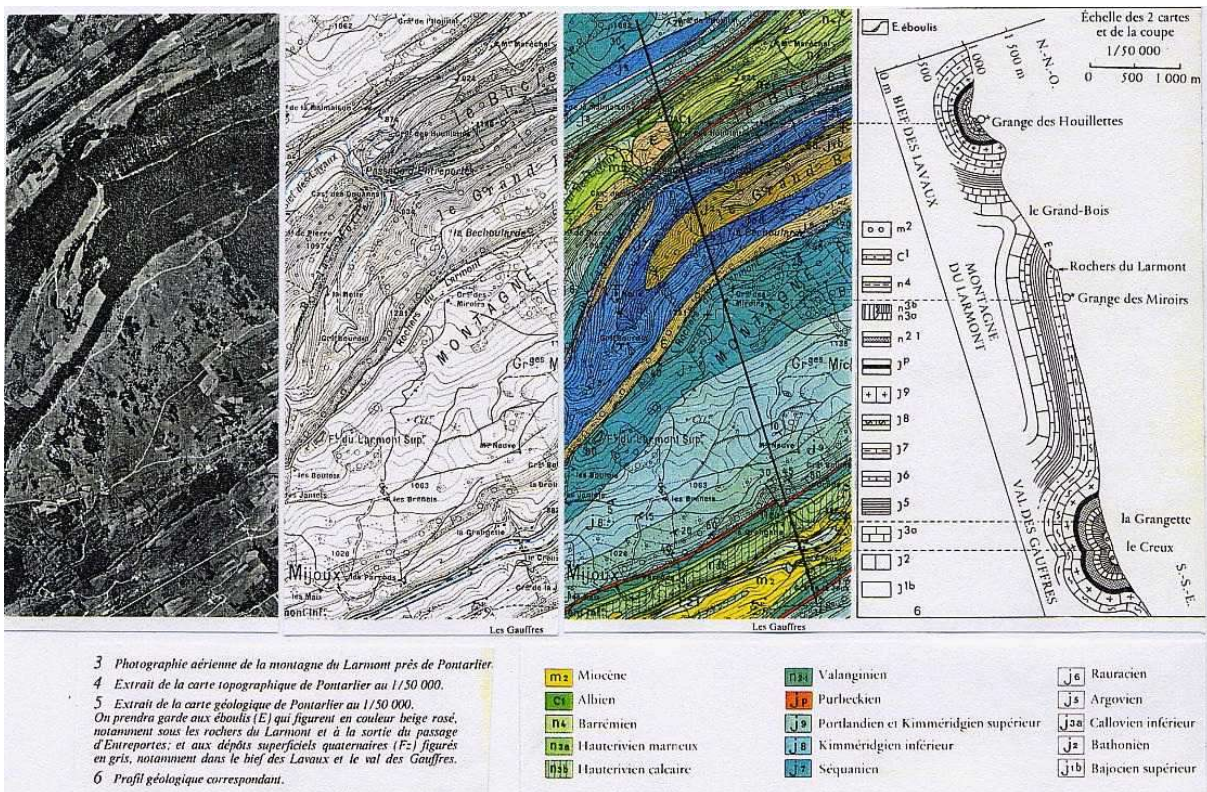


Figure 15 : CAMPAN, F., PANIEL, R. et al. 1967. Biologie, Géologie, Première D. Hachette, Paris, pp. 238-239.

P. Vincent²¹¹ propose chez Vuibert (1970) un livre très proche sur la forme et le fond de son ouvrage pour la classe de 4^e (1960), au moins en ce qui concerne l'étude des cartes géologiques. Le chapitre consacré à la carte débute l'étude de la géologie par une étude pratique de lecture ponctuelle de carte topographique (rechercher des points, mesurer des distances, déterminer une altitude, évaluer une pente) et la réalisation d'un profil. Des croquis viennent expliquer la notion de projection d'un relief sur un plan et la technique de construction d'un profil. Plusieurs exercices sont proposés sur la carte géologique au 1/ 50 000. Une carte géologique simplifiée du sud-ouest de Paris est présentée avec sa légende et une coupe : c'est la même que celle du livre de 4^e. Aucune explication particulière n'est fournie sur la façon de réunir les points des limites d'affleurements. On notera l'utilisation de l'expression « interpréter la carte » d'après la légende et la notice, c'est-à-dire produire un commentaire géologique qui traduit en texte des informations cartographiées. La présentation dans la foulée (conforme à l'ordre du programme) d'une carte géologique de la France sert à un commentaire théorique succinct des grandes régions géologiques. Le commentaire va au delà de ce qui est productible à partir de la carte.

Le traitement très rapide de ce chapitre sur la carte est conçu plus comme un rappel de la classe de 4^e que comme un nouvel enseignement. On retrouve, à nouveau, une carte géologique schématique de la région de Tulle et sa coupe, pour établir l'existence d'une zonation, et une du métamorphisme de contact du granite de Flamanville. Une carte de la répartition des affleurements de roches grenues et métamorphiques en France et des roches volcaniques dans le Massif central servent à illustrer le texte.

Le livre de chez Bordas (1972) cherche dès l'introduction à préciser les distinctions entre l'enseignement de la géologie dans le premier et le second cycle. Il faut dépasser en classe de 1^{re} D l'aspect descriptif pour passer à la recherche des liens de causalité. C'est d'interprétation qu'il s'agit. Il faut donc développer un travail soigné d'analyse de cas concrets et précis, étudiés sur le terrain dans la mesure du possible ou sur des représentations aussi fidèles que possible : cartes... Pour ces

²¹¹ Alors que les livres scolaires sont devenus des productions d'équipe, P. Vincent continue à rédiger seul son ouvrage. Il est l'auteur des livres scolaires de sciences naturelles de chez Vuibert de 1953 à 1973. La maison d'édition n'est plus présente en sciences naturelles depuis cette date.

auteurs le livre de l'élève est un ensemble de documents devant servir de support matériel à une réflexion, aidée, guidée, certes par le professeur, mais avant tout personnelle.

Les cartes géologiques sont souvent de pleine page. Elles sont nombreuses et disséminées dans les chapitres. Conformément à l'ordre du programme, le livre débute par une analyse comparée des cartes topographiques et géologiques et de photographies aériennes régionales. Chaque document occupe une pleine page ce qui en fait un véritable document de travail. Simplifiées par rapport aux originales, les cartes y restent toutefois très fidèles. L'extrait de la carte de Lagny au 1/50 000 permet de tracer la coupe proposée, mais cet exercice n'est pas demandé.

La présentation conjointe des cartes physique et géologique de la France permet une mise en relation directe des grandes unités géologiques et morphologiques. Le commentaire proposé s'appuie sur la carte géologique de la France au 1/ 1 000 000 et va donc plus loin que la carte présentée. Ceci est courant, mais ici cela est précisé au lecteur, ce qui l'est moins.

La présentation des cartes se limite donc à celle des contenus des objets, elle ne donne pas lieu à une construction de coupes ou à la production d'un commentaire par l'élève.

L'étude des roches métamorphiques renferme une carte géologique et une coupe (série de roches métamorphiques) dans la région de Massiac (Cantal) et dans le Rouergue (série métamorphique plus complète et complexe). Elle renferme également une carte de la région d'Andlau pour la mise en évidence d'un métamorphisme de contact. Ces cartes servent à poser la question de l'origine des roches métamorphiques d'après leur disposition cartographique. Des coupes informent sur les relations avec le granite, c'est à dire sur le phénomène d'intrusion. De la même manière l'étude d'une roche sédimentaire (sable de Fontainebleau) se sert d'une carte géologique, mais seulement pour une localisation géographique. La carte de France au 1/1 000 000 est consultée pour la répartition des roches sédimentaires. L'étude de quelques fossiles récoltés dans un même niveau introduit des éléments de paléocologie et se sert d'une carte géologique pour en observer la répartition. Aucune carte paléogéographique n'est, par contre, construite à cette occasion.

Cette grande unité de construction des manuels n'est rompue que chez Hatier (1970). Leur livre s'éloigne quelque peu de l'ordre de présentation du programme officiel suivi linéairement par les auteurs précédents. Jugeant trop difficile de débiter la géologie par une présentation des cartes, les trois chapitres d'introduction portant sur les cartes (programme officiel) ont été regroupés et placés après l'acquisition de notions de pétrographie et de paléontologie. En revanche, une introduction exposant les objets et principes de la géologie est ajoutée ; elle donne des directives pour sortir en excursion. « Le point de départ de toute étude géologique est l'observation faite sur le terrain²¹² ».

Les auteurs se placent dans la logique du travail du géologue. La carte est l'aboutissement de nombreuses études préalables de pétrographie, de paléontologie, de stratigraphie et de tectonique. Ces notions sont donc abordées en premier et réinvesties par la suite lors de l'étude des cartes. Le déroulement du programme officiel faisait étudier ces notions au fur et à mesure des nécessités (et des problèmes) lors de la lecture de la carte.

Pour ces auteurs, l'étude de la production de la carte doit précéder son étude. Pour cela il débute leur livre par des « éléments de stratigraphie et de tectonique » qui cherchent à montrer comment on confectionne les cartes géologiques, en réunissant sur le terrain, des observations d'ordre stratigraphique et tectonique. Selon la même logique l'étude de la carte doit être précédée par celle du terrain, pour respecter la démarche du géologue. L'excursion géologique n'est plus officiellement inscrite au programme, comme c'est le cas par contre pour l'excursion d'écologie.

Ce livre se démarque donc des autres par sa démarche qui s'appuie sur celle du géologue. L'élève est placé en situation d'apprentis, il va faire son apprentissage dans les pas d'un géologue. L'introduction de savoirs théoriques vient après la confrontation pratique, vient après la provocation

²¹² On retrouve ici une affirmation constante de M. Oria, directeur de la collection.

d'un besoin de savoir.

Au bilan, la forte homogénéité des enseignements proposés par les manuels, nous permet d'affirmer que la carte géologique est présentée dans son contenu et utilisée en classe de 1^{re} D. Elle sert à interpréter géologiquement des paysages en relation avec des notions de géomorphologie. Elle est souvent aidée en cela par la présentation de blocs-diagrammes géologiques. Son support topographique fait l'objet de lecture. Elle sert également, comme en classe de 4^e, à localiser géographiquement des roches ou à mettre en évidence des dispositions particulières de terrains pour poser la question de leur origine. Classiquement l'étude du métamorphisme part de la présentation cartographique d'un granite et de son auréole.

La carte dans ces études vient se substituer au terrain. Sa construction et sa part d'interprétation ne font pas l'objet d'un apprentissage, même si quelques auteurs les évoquent.

3.2.1.2 Etude sur la disposition des terrains

L'enseignement de notions de stratigraphie et de tectonique est introduit par l'étude de cartes et la construction de coupes.

Le livre Hachette (1967) propose la construction d'un profil topographique puis d'une coupe géologique en région tabulaire. Une série de documents sur la même zone est mise à disposition, elle comprend : une photographie aérienne, un extrait de carte topographique et un extrait de la carte géologique de l'Isle-Adam au 1/50 000. Une coupe est fournie : elle peut servir de corrigé à l'exercice. Il s'agit ici d'un classique travail de cartographie d'étudiant de DEUG, comme on le pratique toujours aujourd'hui. La technique, accompagnée de conseils, est exposée dans le texte.

Cet enseignement introduit, d'une certaine manière, le chapitre consacré à quelques notions de stratigraphie.

Deuxième étape de cet apprentissage de la carte, la réalisation d'une coupe géologique en terrain plissé (extrait de la carte de Pontarlier au 1/50 000). Comme précédemment on retrouve la même association de documents, et une coupe est donnée. La coupe précédente, en région tabulaire, figurait les différents terrains par les couleurs de la carte ; celle-ci utilise des figurés au trait (figurés codés), ce qui permet au géologue d'extraire rapidement de la coupe des informations pétrographiques. Cette deuxième coupe est plus académique ; il y a une progression dans la représentation.

La carte renferme quelques indications de pendage. Le texte explique ce qu'est un pendage et comment on peut le calculer ou l'estimer cartographiquement.

La difficulté majeure de la construction d'une coupe géologique est bien sûr le prolongement en profondeur de couches dont on connaît généralement les épaisseurs, mais, rarement plus d'une ou deux indications de pendage. L'ouvrage guide alors l'élève dans cette phase en proposant une démarche faite d'interrogations, d'hypothèses. La présentation tente de coller à la réflexion d'un géologue. L'effet de l'érosion sur les roches (érosion différentielle) est discuté et la géomorphologie qui en résulte est ainsi directement reliée à la carte géologique et à la coupe. La notion de style tectonique est abordée à cette occasion.

L'aperçu sur divers aspects de la tectonique (failles, chevauchements, charriages) s'appuie à la fois sur des **blocs-diagrammes** et sur l'association d'extraits de cartes géologiques, de coupes et de photographies aériennes. Cette association de représentations spatiales différentes des mêmes objets ne peut que faciliter leur appropriation par l'élève.

Le fascicule de TP de chez Armand Colin (1967) consacre sa quinzième séance à l'apprentissage de la coupe géologique. L'établissement du profil topographique est expliqué schémas à l'appui. Il y a une véritable visualisation du travail à accomplir. Le même procédé est

utilisé pour expliquer la construction de la coupe géologique. Le schéma qui explique ces constructions s'appuie sur les mêmes cartes que celles mises à disposition des élèves. Cette présentation constitue un guide pour un travail autonome de l'élève. Cette coupe effectuée en région tabulaire trouve son prolongement dans la seizième séance avec une coupe en région plissée.

Cette nouvelle coupe permet de compléter les notions de tectonique déjà acquises. Une petite difficulté dans la coupe soulève le problème de l'interprétation, mais cette notion, bien que citée, n'est pas justifiée. En effet, cette coupe comporte deux synclinaux, l'un d'allure légèrement coffrée et l'autre de type isoclinal. Le choix de l'un des tracés plutôt que l'autre s'appuie sur des réponses différentes des roches à la compression et sur des styles tectoniques différents en fonction des contextes géodynamiques. Les auteurs ne justifient pas ces choix passant ainsi à côté d'une possibilité de réflexion sur la part d'interprétation dans le tracé de la coupe. Cette étude ne fait pas partie, il est vrai, du programme officiel.

L'étude pratique de la disposition des terrains, dans l'ouvrage de chez Vuibert (1970) consiste à faire construire une coupe géologique sur une feuille au 1/50 000 choisie en région tabulaire. L'Isle-Adam, Pontoise ou Toul sont proposées dans le texte. Toute une série de coupes schématiques servent alors à introduire des principes de stratigraphie et les notions de synclinaux, anticlinaux et discordance. La carte n'est pas utilisée : pas de passage du plan à la profondeur. Le chapitre qui aborde les notions de tectonique (failles, plissements) s'appuie également sur la réalisation préalable d'une coupe de terrains d'après une carte géologique au 1/50 000 en région modérément plissée : les feuilles d'Ornans et de Pontarlier sont proposées dans le texte. Des coupes viennent illustrer la notion de style tectonique. L'étude des paysages est conduite par comparaison des cartes topographique et géologique de Toul au 1/ 50 000 (non fournies).

Bordas (1972) introduit les notions de stratigraphie par la réalisation d'une coupe dans la butte de Cormeilles-en-Parisis (association d'une photographie aérienne, d'une carte géologique, d'une coupe géologique et d'une coupe et photographie de la carrière Lambert). Le texte attire l'attention sur la disposition des couches mais ne guide pas la réalisation : la technique de construction d'une coupe a été décrite dans le chapitre de présentation des cartes. La coupe est donnée en figure juste après. Dommage que la technique exposée dans le premier chapitre n'ait rien d'opérationnelle. La réalisation de la coupe en elle-même ne semble pas un objectif d'apprentissage. La priorité donnée à l'analyse et à l'interprétation trouvait ici une application !

Les notions de tectonique selon le même modèle s'appuient sur une carte géologique en région plissée (Maîche, dans le Jura). Une localisation de coupes est proposée avec un corrigé. Un bloc-diagramme géologique sert de synthèse, de lien entre la carte et la coupe. La qualité graphique de ces trois documents et leur légende sont remarquables. Un paragraphe s'intitule "interprétation", il justifie l'allure donnée aux plis en précisant l'origine des poussées et l'existence d'une réponse différentes aux contraintes des marnes et calcaires durs. L'érosion différentielle et les relations entre la géomorphologie et les paysages végétaux sont enfin abordées

On regrettera que l'occasion n'ait pas été saisie d'introduire une réflexion sur la part de l'interprétation dans le tracé, en voyant quels tracés étaient possibles. Ayant affiché le terme d'interprétation en tête de paragraphe, il était permis de renforcer la réflexion souhaitée par l'auteur en introduction.

Quelques belles cartes et coupes géologiques servent ensuite à exposer divers styles tectoniques. L'étude des paysages et de notions de morphologie s'appuie sur l'étude comparative de photographies aériennes, cartes et coupes géologiques.

Les auteurs de chez Hatier (1970) commencent par étudier des objets géologiques pour introduire des notions nécessaires à la compréhension des cartes. Ils insistent fortement sur la continuité des programmes de 4^e et de 1^{re} D pour alléger les études par quelques rappels. Le principe de superposition, par exemple, est rappelé à partir de la carrière Lambert, dans la région parisienne (couches horizontales). La coupe de la Marne à Nogent introduit les notions de variation latérale de faciès. Un cas de contact anormal fait suite avec l'étude du Baou de Saint Jeannet

(chevauchement). L'anticlinal de l'Ecoutoux en Chartreuse précède la discordance de May s/Orne. Chaque étude se fait en deux temps, d'abord des questions pour susciter la réflexion, puis un exposé construit sur l'exploitation des documents.

L'ambition du chapitre « d'introduction à l'étude des cartes géologiques » est limitée par l'horaire prévu au programme. L'étude des cartes fait suite à chaque fois à **des exercices préparatoires** portant sur la représentation spatiale des cartes. Cette vision spatiale de la carte est un obstacle majeur à la réussite des exercices de construction de coupes. Il ne s'agit pas d'un obstacle technique, la technique est a priori très simple, c'est du report de points, mais d'un obstacle opérationnel. Les 3 exercices proposés cherchent à faire apprécier une pente, l'allure en plan d'une vallée et d'une butte circulaire. Le passage direct de la représentation de ces 3 « objets » dans le plan à leur représentation dans l'espace permet de lire « en trois dimensions » la carte et d'en extraire rapidement la disposition des roches en profondeur. L'enseignement de la carte géologique, sans ignorer cette difficulté, n'a jamais vraiment cherché à en faire un élément d'apprentissage. De la même manière partant d'un bloc-diagramme sur lequel des couches ont été portées, les auteurs cherchent à mettre l'élève en situation d'associer la trace dans le plan avec le prolongement en profondeur des couches horizontales, ou de couches plissées.

Ces exercices préparatoires servent avant tout à attirer l'attention sur des cas de figures qu'ils vont retrouver dans l'étude qui suit de la carte géologique. L'utilisation de blocs-diagrammes, donc d'objets présentant les trois dimensions de l'espace en perspectives doit faciliter le passage intellectuel du plan au volume et inversement.

On retrouve alors la même démarche que celle des auteurs précédents : l'association photographies aériennes, cartes topographiques et cartes géologiques, sur un exemple en région tabulaire (région parisienne) tout d'abord, puis en région plissée (Pontarlier) ensuite. La construction de la coupe géologique est guidée par toute une série de questions qui renvoient à la lecture de la carte, soulèvent les possibilités de tracés différents entre limites d'affleurements et guident les choix. Une étude descriptive et pratique sur le contenu des cartes et la construction des coupes fait suite. Il est conseillé en fait de la lire avant de passer à la réalisation proprement dite des coupes.

Il n'y a pas vraiment de discussions sur la part de l'interprétation liée à la construction de la coupe, pas plus qu'il n'y en avait sur la construction de la carte géologique à partir des cartes d'affleurement. C'est d'un apprentissage de la pratique de la lecture (ou d'une lecture pratique !) qu'il s'agit, pas d'une étude de l'objet ou de ces processus d'obtention.

L'étude comparative de la carte géomorphologique et de la carte géologique de la France au 1/ 1 000 000, ayant pour but de mettre en évidence les notions de socle et de couverture, est regroupée avec la présentation d'un style tectonique, le style provençal. L'exemple étudié est celui de l'îlot triaso-liasique du Beausset en Provence. Les extraits simplifiés de cartes géologiques et la coupe géologique sont exploités pour poser le problème de la relation spatiale entre terrains. Constaté que des terrains plus anciens sont sur des terrains plus jeunes et que ces terrains sont plissés en anticlinaux et synclinaux est difficilement observable sur un extrait de carte ne comprenant qu'un seul point coté. On fait dire à cette carte plus que ce qu'elle ne permet réellement de dire, au moins pour un élève. Les coupes sont plus parlantes, mais sont également plus interprétatives. L'existence d'interprétations tectoniques différentes est avancée en s'appuyant sur **quelques éléments d'histoire des sciences** (controverse historique autour du style tectonique provençal et de l'interprétation de l'îlot du Beausset).

L'étude de l'érosion et de la géomorphologie s'appuient enfin sur un extrait de carte géologique (selon le même type d'association de documents). Le travail est ici une mise en relation du relief avec la nature des roches : il s'agit donc d'extraction de données. Il se poursuit par la réalisation d'une coupe géologique.

Le travail sur la disposition spatiale des terrains est très homogène, et colle généralement au programme officiel. Classiquement il consiste à appuyer les notions de stratigraphie sur la

construction d'une coupe sur une carte en région tabulaire, et les notions de tectonique sur la construction d'une coupe en région plissée. Les cartes des livres sont des extraits de cartes au 1/50 000 ou des documents de qualité proche. La construction des coupes est parfois détaillée d'un point de vue technique avec un travail guidé sur les représentations dans l'espace (Hachette, Hatier). Le reste du temps la présentation de cette technique est laissée à l'appréciation des enseignants. L'enseignement comprend un véritable apprentissage de la construction d'une coupe géologique : il ressemble fort au travail de cartographie de l'actuel premier cycle des universités. La part d'interprétation nécessaire à la construction de ces coupes ne donne pas lieu à une réflexion particulière.

3.2.1.3 La reconstitution de l'histoire géologique

Les différentes notions de géologie étudiées au long de ce programme doivent permettre un essai de synthèse de l'histoire géologique régionale. Cet objectif rejoint celui du programme de la classe de 4^e, mais il fait suite à un apprentissage plus consistant et méthodique.

Le livre de chez Hachette (1967) se termine par un essai de synthèse régionale portant sur la région parisienne. La carte géologique, associée à des extraits de cartes topographiques, donne lieu à un commentaire détaillé appuyé sur un log stratigraphique et une série de coupes structurales schématiques dans l'ouest de la feuille de Paris. Cette étude est ensuite étendue, sur le même modèle, à tout le Bassin parisien avec la présentation d'une coupe très esthétique du Bassin de Paris associée à la traditionnelle coupe Ouest-Est. Le commentaire géologique, très structuré, ne peut être produit par les élèves à partir des documents mis à leur disposition. Partant de l'étude pratique de documents, le commentaire passe à un discours plus magistral, plus universitaire.

L'ouvrage de chez Bordas (1972) est construit de la même manière. L'essai de synthèse régionale est en fait d'un cours sur la géologie de Paris puis du Bassin parisien, cours illustré par des cartes géographiques, structurales, paléogéographiques (limites des transgressions), tectoniques, géologiques, et des coupes et blocs-diagrammes structuraux. La partie exploitation de données (sorties de terrain, cartes géologiques) n'est pas exposée, c'est directement une synthèse ordonnée.

P. Vincent chez Vuibert (1967) propose le même type d'étude. Le chapitre de géologie régionale est consacré à une reconstitution de l'histoire géologique du Bassin de Paris ; l'étude reprend les documents du livre de la classe de 4^e. Les travaux pratiques ici proposés consistent en une excursion dans le Tertiaire parisien (Coteau de la Frette et carrière Lambert à Corneilles-en-Parisis) sans qu'aucune explication sur le déroulement de celle-ci soit spécifiée. Une coupe est également demandée d'après la carte géologique de l'Isle-Adam ou de Pontoise, au 1/ 50 000. Cette étude régionale est en fait un commentaire chronologique détaillé de l'histoire géologique du Bassin de Paris, illustré plus qu'établi à l'aide de cartes simplifiées et de coupes.

L'essai de synthèse régionale du fascicule de TP de chez Armand Colin (1967) s'appuie lui aussi sur le Bassin parisien et en prolongement d'une excursion géologique dans les environs de Paris. L'excursion doit permettre d'observer des roches variées, de noter leur disposition et pour certains arrêts doit permettre d'échantillonner. Ces notes de terrains servent alors à établir une colonne stratigraphique en précisant les formations (les plus dures) qui donnent lieu au développement d'une cuesta. La géomorphologie est, rappelons-le, une des raisons de cette étude.

Cette étude de terrain est prolongée en classe par une identification des roches et fossiles visant à reconstituer la succession stratigraphique des terrains observés. Les cartes géologiques sont mises à contribution pour compléter les observations de terrain. La synthèse de ces différentes informations permet alors de reconstituer l'histoire géologique. Il s'agit donc avant tout dans ce livre d'un exercice pratique.

Il n'y a, une fois de plus, que l'ouvrage de chez Hatier (1970) qui se démarque quelque peu.

Il propose la réalisation d'un croquis structural à partir de la carte géologique et de la carte topographique, pour réunir les terrains en fonction de leur morphologie. Les documents de base dans l'esprit des auteurs sont les cartes géologiques à grande échelle (1/80 000 et mieux, 1/50 000) : elles doivent servir à articuler les observations locales de terrain avec les informations des cartes à plus petites échelles (1/320 000 et 1/ 1 000 000).

L'esprit de ce chapitre est quelque peu différent de celui des autres auteurs. Il ne s'agit pas d'un chapitre de synthèse en guise de conclusion à l'étude de la géologie, mais « d'une introduction à des travaux personnels sur la carte et sur le terrain ». A ce souhait des auteurs, le manuel répond par une analyse, certes méthodique de leurs exemples, mais guidée par des questions qui collent vraiment aux cas choisis. Il est difficile, dès lors, à un élève moyen, de réinvestir ces questions dans d'autres situations.

L'homogénéité des manuels est maximale sur cet exercice. Le centralisme parisien qui caractérise fréquemment la composition des équipes d'auteurs se traduit ici pleinement. L'exemple de synthèse géologique régionale est le même pour tous : le Bassin parisien. Appuyé plus ou moins artificiellement sur une étude de terrains, le commentaire géologique emprunte à l'ensemble des documents utilisés dans les chapitres précédents (photographies aériennes, cartes topographiques, géologiques, coupes, blocs-diagrammes). Le texte apparaît souvent très théorique, il s'inspire autant de synthèses universitaires que des documents proposés.

3.2.2 La classe de 1^{re} S : vers un enseignement de géodynamique globale

Le programme de géologie de la classe de 1^{re} S, créée en 1982 comprenait trois parties : une étude de la diversité des roches prises dans un ensemble régional, une étude des manifestations des forces internes du Globe et une étude des ressources naturelles. Ce programme est fortement modifié en 1988 et axé sur l'étude de la mobilité de la lithosphère, la transformation et les mouvements de la matière. La réforme de 1992 maintient cet enseignement de la géodynamique externe et des mouvements de la lithosphère. A la rentrée 1993 un enseignement optionnel de sciences expérimentales est ouvert en 1^{re} S. Des thèmes sont proposés à l'étude dont un thème de géologie sur les ressources énergétiques et les substances utiles à l'homme. Officiellement la carte n'est plus mentionnée dans les programmes depuis 1982. Précisons qu'elle figure en 1992 dans les activités envisageables indiquées dans les commentaires au programme.

Le savoir à enseigner diffère donc fortement de celui de la classe de 1^{re} D. Voyons ce qu'il en est de l'enseignement proposé à travers les manuels scolaires de ces trois réformes successives.

1982

La carte géologique n'est plus ni l'objet d'une présentation, ni l'objet d'exercice de coupes. Les cartes géologiques simplifiées servent à localiser géographiquement des lieux étudiés ou à mettre en évidence une disposition particulière des granites et des terrains métamorphiques. C'est l'occasion dans le livre de chez Hachette (1982) de demander aux élèves d'établir la chronologie des événements ; une question semblable est posée par Hatier (1982).

L'ouvrage de chez Nathan (1982) fait comparer la carte géologique simplifiée de la France avec la carte de végétation et une carte pédologique simplifiée. Les questions de l'exercice cherchent à ce que l'élève interprète les concordances géographiques. Chez Hachette (1982) et Hatier (1982) cette carte ne sert qu'à localiser la répartition des granites en France.

Les coupes sont plus nombreuses que les cartes. Nathan (1982) en présente une dizaine pour caractériser l'allure des nappes aquifères dans l'étude des ressources en eau. Elles servent également d'appui à l'étude des gisements de charbons et de minerais. Leur rôle est de préciser la disposition et la nature des terrains associés au minerais.

Le cours sur la géodynamique comporte évidemment beaucoup de schémas, de modélisations de la structure de la croûte ou des frontières de plaques. Une série de coupes est présentée dans le livre de chez Nathan (1982) pour raconter la formation de la chaîne alpine. Difficile pour un élève de distinguer dans cet ouvrage les coupes issues d'une simplification d'une coupe géologique établie à partir d'une carte et les modélisations établies pour expliquer la structure ou le fonctionnement d'une chaîne de montagne ou d'une zone de subduction. Les indications d'échelle ne suffisent pas.

Les cartes et les coupes (simplifiées toutes deux) persistent donc essentiellement dans ce programme à la faveur d'un enseignement de géologie appliquée (la géologie au service de l'homme). Rappelons qu'elles ont été introduites dans l'enseignement pour des raisons semblables.

1988

L'enseignement de la dynamique globale et la disparition de l'enseignement de pétrographie et de géologie appliquée, se traduisent par une simplification poussée des cartes et coupes géologiques présentées. Peu nombreuses par rapport aux schémas dynamiques et diagrammes de toutes sortes sur lesquels s'appuie désormais le cours, les cartes et coupes sont limitées à un rôle de présentation de la disposition relative des terrains, voire d'illustration géographique du texte.

L'étude des relations entre granites et roches métamorphiques s'accompagne toujours de la présentation d'une carte géologique simplifiée (granite de Pontivy, granite d'Andlau, massif de l'Agly). Elle ne fait que illustrer le texte. C'est également le cas pour la présentation du magmatisme dans l'ouvrage de chez Nathan (1988).

Le livre de chez Istra (1988) propose deux exercices sur l'origine d'un granite (Ploumanach) et l'origine de roches métamorphiques (massif de l'Agly) : ils s'appuient sur deux cartes simplifiées et font appel à l'observation de la disposition relative dans le plan des roches les unes par rapport aux autres. Il propose également, sur une carte très simplifiée du Massif armoricain, un exercice qui s'apparente à un commentaire géologique (structuration, chronologie relative). On retrouve à peu près les mêmes exercices chez Nathan (1988) ; Bordas (1988) présente également un exercice de chronologie relative appuyée sur une coupe géologique simplifiée du Puy Chopine.

L'étude sur la formation des chaînes de montagnes associe souvent des documents à l'échelle du globe ou des plaques, avec une carte géologique simplifiée des Alpes (classiquement pris comme exemple). Des coupes géologiques schématisées et synthétiques servent toujours à illustrer la collision : la différence entre ces coupes et des modélisations de collisions reste à établir.

L'ouvrage de chez Bordas (1988) renferme en fin de manuel une carte géologique de la France (il s'agit de la carte postale du BRGM représentant la carte au millionième). Il s'agit d'une présentation gratuite, car elle ne fait l'objet d'aucun renvoi en cours de manuel. Elle est accompagnée d'un extrait de l'ouvrage de la Société Géologique de France intitulé : Histoire de la Terre notre planète²¹³. Cette double page est également présente dans le livre de 4^e des mêmes auteurs.

1993

L'enseignement de la géodynamique interne et externe se traduit dans les quatre manuels édités (Bordas, Hachette, Hatier, Nathan) par une *quasi* disparition des représentations de cartes géologiques. Leur usage s'impose si peu que l'utilisation qui en est faite par les éditeurs diffère énormément.

L'ouvrage de chez Hatier (1993) propose un extrait sur deux pages de la carte géologique du Golfe d'Aden et de sa légende. Cet extrait est associé avec des photographies satellites et aériennes. L'exercice de lecture demande d'en extraire des arguments en faveur de l'extension de la croûte. Chez Hachette (1993), une carte géologique très simplifiée fait l'objet d'un exercice de tracer d'un profil topographique sur lequel il est demandé de reporter les terrains sédimentaires, le glacier et le

²¹³ S. G. F. 1984. Histoire de la Terre notre planète. Paris : Société Géologique de France, 192 p.

socle. Les auteurs ne parlent même pas de coupe. Le livre de chez Nathan (1993) propose une carte de la granulométrie des sédiments en rade de Brest. Il est proposé à l'élève d'observer la répartition de ces sédiments et d'en proposer une interprétation. Un autre exercice fait observer sur une carte géologique très schématique l'existence d'une relation entre les méandres d'un fleuve et la nature des roches. Des informations tectoniques sont également recherchées dans deux autres exemples. Bordas (1993) ne présente comme seule carte qu'un croquis des isogrades du métamorphisme dans le Bas-Limousin. L'exercice consiste à déduire de l'observation de ce croquis l'origine des roches métamorphiques.

Le rôle de la carte n'est pas bien clair. Ce qui est sûr c'est qu'elle ne fait pas partie des apprentissages.

La réforme de 1993 crée en plus de l'enseignement obligatoire de SVT, un enseignement optionnel de sciences expérimentales. L'horaire est partagé entre la physique-chimie et les SVT. L'objectif est de développer des travaux autonomes d'étude et de recherche (travaux sur documents ou expérimentations) : trois thèmes sont à étudier parmi les huit proposés par le programme. Dans les faits cet enseignement ne respecte que peu souvent l'esprit du programme : bien souvent les enseignants organisent ces heures comme des séances de TP classiques.

Les éditions Nathan sont les seules à proposer une série de fascicules pour servir d'appui à la réalisation des thèmes proposés. L'un de ces livrets est consacré aux « ressources énergétiques et substances utiles à l'homme ». L'ouvrage propose des documents pour guider une phase de recherche ou se substituer à des expérimentations ou observations non réalisables en classe et des indications bibliographiques sommaires. Il ne s'agit donc ni d'un cours, ni d'un plan de travail, mais d'éléments d'appui pour des recherches autonomes. Sur 32 pages, 9 présentent une carte, une coupe ou un log.

Plusieurs exercices de construction de coupes sont proposés pour comprendre la structure d'un gisement, la position relative des terrains ou aider à la reconstitution de l'histoire géologique d'un site. Dans les cartes proposées, deux sont des extraits de cartes au 1/50 000. Une colonne stratigraphique fait l'objet d'un exercice de justification des significations paléogéographiques proposées pour chaque type de terrain. Une explication de la présence de filons de quartz minéralisés dans des terrains métamorphisés au contact d'un granite est à tirer de l'observation d'une carte.

Ce fascicule propose donc un travail de recherche appuyé sur la lecture de cartes (lecture directe et construction de coupes). Aucun apprentissage spécifique n'est proposé, mais l'incitation à utiliser ces documents renvoie implicitement à une démarche d'apprentissage de ces documents. Ce thème de l'option renvoie à des travaux sur la géologie au service des hommes, pour lesquels la carte reste un document de travail majeur. Ces programmes de 1993 sont toujours en vigueur actuellement.

3.2.3 L'étude des ressources géologiques en classe de 2^{nde}

Depuis la suppression en 1938 des conférences de géologie de la classe de 2^{nde}, le programme de sciences naturelles de celle-ci portait uniquement sur des aspects biologiques. En **1983** le programme est entièrement consacré à l'écologie ; il est modifié en **1985** pour traiter des êtres vivants et de leur milieu. Peu de manuels se disputent alors cet enseignement. Notons le livre de chez Hachette (1985) qui dans son chapitre de conclusion associe une photographie aérienne, une interprétation en terme d'unités de paysage, un extrait de la carte géologique au 1/50 000 de cette zone et un transect pour expliquer le paysage de la boucle de Moisson (boucle de la Seine). Ce transect fusionne une coupe géologique, établie à partir de la carte (et tout à fait réalisable) et un profil de végétation. Les questions, bien sûr, portent sur la relation entre sous-sol, sol et végétation. Il y a lecture orientée de la carte.

Le programme est à nouveau réformé en 1987 et comprend dès lors une étude de la formation et de l'exploitation des ressources géologiques. Cinq éditeurs proposent un manuel : Bordas, Hachette, Hatier, Istra, Nathan. En 1990, Hachette et Nathan²¹⁴ sortent un nouveau manuel.

Tous les manuels présentent des coupes et des cartes géologiques simplifiées pour illustrer le texte. Ces documents ne font jamais l'objet d'une présentation de leur contenu ou des conditions de leur réalisation ; aucun apprentissage de leur lecture n'est proposé. Des exercices s'appuient pourtant parfois sur leur lecture. L'apprentissage de ces documents est peut-être considéré comme acquis par les élèves à la sortie du premier cycle. A moins, que leur utilisation ne justifie pas pour les auteurs d'apprentissage particulier.

Les cartes sont généralement limitées à la localisation géographique d'un gisement, d'une mine, d'une carrière. Associées à des coupes, elles peuvent également illustrer la structure tectonique dans laquelle se trouve le gisement (bassin à subsidence tectonique, couches plissées). Les coupes sont utilisées pour préciser la localisation de la roche ou du gisement étudiés par rapport aux autres terrains (charbons et minerais d'origine sédimentaire) ou la disposition d'ensemble des couches (pièges à pétrole et gaz, différents types de nappes d'eau). Des colonnes stratigraphiques, souvent légendées « coupes géologiques », servent à des reconstitutions de l'histoire sédimentaire du gisements en association ou non avec des cartes ou des blocs diagrammes paléogéographiques. Les blocs diagrammes sont souvent utilisés pour raconter en image l'histoire géologique de la zone où se trouve le gisement. La place de la carte, des coupes et des blocs-diagrammes est sensiblement la même dans les différents livres, en terme d'utilisation. Elle diffère par contre en fonction de la fréquence d'insertion.

Le livre de chez Istra (1987) se démarque toutefois par la présentation régulière (presqu'à chaque page) soit d'une coupe, soit d'une carte, soit d'un bloc-diagramme géologique. Ces documents simplifiés illustrent le texte, mais servent également à de nombreux exercices de reconstitution de l'histoire géologique (sédimentaire et tectonique). La coupe de type log fait l'objet de questions sur les conditions de sédimentation des différentes couches (questions de sédimentologie) et conduit parfois à la production d'un commentaire paléogéographique.

Cet ouvrage propose également deux exercices sur la disposition spatiale des couches avec une construction de coupe. Un exercice (p. 204) interroge l'élève sur le rapport entre la largeur d'affleurement, l'épaisseur et le pendage des couches. Il s'appuie sur une carte géologique simplifiée et une coupe. Une autre carte simplifiée avec des courbes de niveau et l'indication en légende de l'épaisseur des couches, est l'objet d'un exercice de coupe sur papier millimétré. Le niveau des connaissances et des exercices géologiques de ce manuel est supérieur à celui des autres maisons d'édition. C'était le plus « géologique » du moment en classe de 2^{nde}, il n'est pas représentatif de l'enseignement qui se faisait alors dans cette classe.

Plusieurs ouvrages présentent des cartes spécialisées : carte minière (Bordas, 1987), cartes hydrogéologiques (Hachette et Nathan, 1990), cartes piézométriques (Hatier, 1987), cartes des isopourcentages de halite dans le fossé rhénan (Hatier, 1987).

Le second ouvrage de chez Hachette (1990) propose un atlas photographique et cartographique avec entre autres : une carte pédologique de la France, une carte de la végétation de la France, une carte des cours d'eau, des vents. Ces cartes servent soit d'appui au texte, soit d'illustration. L'usage des cartes de l'atlas n'est pas précisé dans le texte.

Il n'y a donc pas d'enseignement de la carte géologique en classe de 2^{nde} à cette époque, mais elle est un objet courant d'illustration du discours géologique. Les coupes géologiques ne font pas l'objet d'un apprentissage mais servent dans des raisonnements sur la disposition spatiale des terrains et sont prises en compte dans les reconstitutions paléogéographiques. La présentation des trois dimensions de l'espace s'appuie essentiellement sur des blocs-diagrammes.

²¹⁴ Les éditions Nathan sortent deux versions de leur manuel : une brochée et une autre sous forme d'un classeur. Chaque chapitre comprend des fiches référentiels, documents et méthodes et synthèse. Cette version classeur, après celle de chez Hatier (1973), est proposée en TD et TC également, mais n'a pas eu de suite non plus.

La réforme des programmes de **1993** réduit la place de la géologie dans l'enseignement de cette classe à certains aspects de l'étude de l'approvisionnement en eau et de l'étude des sols. L'usage de cartes géologiques et de coupes, même simplifiées, se réduit encore plus. Leur place est sensiblement la même dans les cinq manuels scolaires édités : Belin, Bordas, Hachette, Hatier, Nathan.

L'étude des sols porte sur les propriétés physiques et chimiques des sols et sur leur dimension biologique. La formation des sols et leur diversité n'est pas mise en relation avec la nature du sous-sol. Ce chapitre ne s'appuie ni sur des cartes, ni sur des coupes géologiques. Le livre de chez Hatier (1993) présente sur la même page un extrait de la carte pédologique de France et l'extrait correspondant de la carte géologique, mais uniquement dans les pages « préliminaires », pour s'interroger sur « l'origine de certains constituants des sols ». Aucun usage n'en est fait dans le texte.

L'étude des ressources en eau s'appuie beaucoup moins que précédemment sur des cartes et sur des coupes. Aucune carte géologique n'est présentée. Seul l'ouvrage de chez Nathan renferme un extrait de carte hydrogéologique (feuille d'Auxerre au 1/50 000). Une coupe est associée à celle-ci et il est demandé à l'élève d'y reporter la position de la surface piezométrique de la nappe et les directions d'écoulement. On retrouve le même type d'exercice chez Hatier, Bordas et Belin. C'est le seul type de travail qui soit demandé sur une coupe.

Ces ouvrages renferment quantité de cartes particulières : carte des nappes libres ou captives, cartes des courbes isopiézométriques, cartes de vulnérabilité des eaux à la pollution, cartes de qualité des eaux, cartes des taux de nitrates dans l'eau. Leur réalisation n'est jamais expliquée. La tendance est générale à utiliser des documents cartographiques (et graphiques d'une manière générale) sans en expliquer les conditions de réalisation. On retrouve un défaut de l'enseignement déjà signalé maintes fois au sujet de la carte géologique.

La place de la carte géologique dans l'enseignement est donc en recul par rapport au programme de 1988. Elle ne fait pas partie des documents étudiés, ni même des documents utilisés en classe de 2nde actuellement.

3.2.4 La chronologie relative dans l'enseignement de spécialité de la terminale S

En 1994 les classes terminales C et D sont réunies en une classe terminale scientifique, la TS. Cette classe renferme un enseignement obligatoire de SVT comprenant des éléments de géologie et un enseignement de spécialité (optionnel) soit en mathématiques, soit en physique-chimie, soit en SVT. Ce dernier comprend également des éléments de géologie. Jusqu'alors la géologie n'était présente que dans le programme de la classe de TD et ne portait que sur des éléments de paléontologie dans un enseignement sur l'évolution.

Une partie de l'enseignement obligatoire porte sur l'histoire géologique et l'évolution biologique de la Terre. L'ouvrage de chez Hachette (1994) et celui du cours obligatoire de chez Bordas (1994) ne renferment pas la moindre carte ou coupe géologique. Le cours obligatoire de chez Nathan (1994) se sert de quelques cartes pour localiser géographiquement des sites étudiés et pour illustrer cartographiquement le principe de superposition.

L'enseignement de spécialité, qui vient approfondir certains aspects de l'enseignement obligatoire comprend un thème intitulé : roches, produits et témoins du temps. Celui-ci traite entre autres des marqueurs de temps à l'échelle des terrains, de la roche ou du minéral. Cartes et coupes géologiques servent alors à des exercices de chronologie relative et de reconstitution de l'histoire géologique d'un site.

Hachette (1994) appuie son seul exercice de chronologie relative sur une coupe du Grand canyon du Colorado. On retrouve le même exercice chez Nathan (1994). Ce livre propose également

des chronologies relatives à partir de cartes géologiques simplifiées et fait établir un profil topographique puis une coupe géologique pour mettre en évidence des terrasses fluviales. Quelques questions cherchent également à faire justifier le tracé de deux coupes géologiques simplifiées. Aucun apprentissage de la lecture de carte n'est proposé : les documents ne sont pas non plus expliqués dans leur contenu.

L'enseignement en classe de TS se limite à l'établissement de chronologie relative à partir de coupes ou de cartes simplifiées. L'absence de contact préalable avec la carte et le peu de temps disponible rend souvent cet exercice très approximatif ou théorique.

4. Conclusions sur un siècle et demi d'enseignement

La carte géologique de la France à petite échelle est introduite dans l'enseignement de la géologie dès la deuxième moitié du XIX^e siècle. Elle est présente très rapidement dans les livres scolaires sous forme d'une planche colorée. C'est souvent la seule planche colorée de l'ouvrage. Elle est liée à un **discours savant** tenu dans le texte, sur la diversité pétrographique et stratigraphique des terrains ou sur l'histoire géologique de la France, mais ne fait pas l'objet d'un exercice de production de ce discours. L'élève apprend et reproduit le commentaire. Ce type de présentation persiste de manière plus ou moins continue jusqu'en 1920. Par la suite, bien des manuels conservent une reproduction de cette carte mais sans qu'un commentaire y soit forcément associé. Son rôle est alors avant tout de **localiser géographiquement** un site étudié ou des roches faisant l'objet d'une des monographies.

Après 1959, cette carte donne lieu parfois à des exercices de construction de **cartes thématiques**, telles : la carte des granites de France, la carte des roches métamorphiques. Elle sert alors de base de données pour des exercices de lecture sélective et de report cartographique. Elle est associée à des cartes de la végétation, des sols, des richesses minérales, des nappes d'eau, etc., pour l'établissement de **corrélations** entre la nature du sous-sol (nature pétrographique, mais parfois âge) et le facteur étudié (sol, eau, minerai, etc.).

Rien ne permet à la lecture des manuels d'affirmer que les classes possédaient (avant 1959) un exemplaire mural d'une des éditions de la carte géologique de France au 1/ 1 000 000, dans les versions originales du service de la carte ou sous forme d'une version simplifiée. A partir de 1959 en premier cycle (programme de la classe de 4^e) et de 1966 en deuxième cycle (programme de la classe de 1^{re}D), la présence dans les établissements d'une carte géologique de la France se généralise²¹⁵. Les cartes présentées dans les livres scolaires se simplifient au cours du XX^e siècle, tant dans la toponymie et la géographie que dans les contours et la désignation des terrains. Parallèlement la richesse informationnelle des cartes géologiques savantes augmente fortement. Le décalage entre l'objet affiché et l'objet réel n'a donc cessé de s'accroître. Ajouté à l'absence d'apprentissage de la lecture de cette carte, ce décalage rend inaccessible à l'élève la carte géologique de référence.

On peut distinguer dans les utilisations faites de la carte, la mise en avant de deux dimensions privilégiées de celle-ci, l'espace et le temps.

L'**utilisation spatiale** de la carte s'est limitée le plus souvent à la **localisation géographique** de sites étudiés. Il s'agissait de lecture ponctuelle, parfois de lecture sélective visant à extraire un ensemble d'informations pour construire une carte thématique. L'exercice de localisation se borne bien souvent à l'injonction : « regardez sur la carte où se trouve telle roche ». La simplification poussée des fonds géographiques des extraits présentés ne fait même plus de cet

exercice un exercice d'apprentissage de la géographie physique de la France. Des lectures pour l'établissement de corrélations entre la carte géologique et diverses cartes (topographiques, pédologiques, de la végétation, etc.) et photographies aériennes ont été également souvent proposées. La localisation des gisements (charbon, pétrole, eau, minéral) s'appuie plus généralement sur une coupe que sur une carte. On passe là au deuxième type d'utilisation spatiale : l'observation de la **disposition relative** d'un gisement par rapport aux terrains qui l'entourent ou de terrains les uns par rapport aux autres. Classiquement cette présentation sert à poser la question, soit de l'origine des roches métamorphiques ou des granites, soit de l'origine des déformations. La disposition relative introduit alors soit une étude pétrographique, soit une étude tectonique. L'enseignement actuel centré sur la tectonique globale garde encore des cartes et des coupes pour ce deuxième aspect, mais elles ne sont plus à l'échelle des cartes géologiques de détails. Dans un cas comme dans l'autre l'information fournie par le document simplifié ne permet guère d'autres réponses que celle attendue.

L'exercice de **construction de coupes géologiques** a fait partie de l'apprentissage de la classe de 1^{re} D et pour partie de celle de 4^e puis de 3^e. Dans le cas le plus poussé, un apprentissage de la technique de la coupe était proposé. Le reste du temps l'exercice cherchait seulement à faire préciser l'allure ou tabulaire ou plissée des terrains en profondeur. Ces exercices ont probablement été réalisés la plupart du temps avec uniquement les documents proposés dans les manuels. Les cartes géologiques au 1/50 000 et 1/80 000 sont peu nombreuses voire exceptionnelles dans les collèges et lycées. Des documents simplifiés (mais plus détaillés généralement que ceux des manuels) ont été proposés par divers CRDP et par le CNDP²¹⁶. L'Association des amis et anciens de l'Institut de géographie de l'Université de Paris publia à partir de 1967 des extraits simplifiés de cartes géologiques choisies comme représentatives des styles géologiques des grandes unités françaises²¹⁷. Ces extraits simplifiés de cartes géologiques, réalisés spécifiquement pour des travaux pratiques de cartographie étaient destinés avant tout à un enseignement universitaire. Certains grands lycées les ont utilisés pour l'apprentissage de la coupe en 1^{re} D.

L'utilisation des dimensions temporelles de la carte et de la coupe s'est limitée à l'établissement de quelques **chronologies relatives**. Cet exercice s'appuyait surtout sur des coupes, où le temps se lit en première approximation de bas en haut, c'est à dire linéairement. Lorsqu'il s'agit de coupes en terrains sédimentaires ou de superposition de coulées de laves, cette lecture linéaire est suffisante. Dans les autres cas d'exercice, s'ajoute la mise en place d'un granite (principe d'intrusion, de recoupement) et l'auréole de métamorphisme qui peut en résulter. Dans certains cas la chronologie intégrait l'existence de failles (principe de recoupement). La lecture directe sur la carte de la chronologie relative des événements ne s'est guère pratiquée : elle nécessite, il est vrai, de passer mentalement de l'allure des terrains dans le plan à leur allure dans l'espace. Cet exercice requiert une plus grande expérience et une connaissance des relations géométriques entre le plan de la carte et sa profondeur. La réintroduction en TS d'un tel exercice ne peut aboutir sans un minimum d'apprentissage préalable de la construction de la coupe.

L'exercice de **commentaire géologique d'une carte**, qui représente l'aboutissement d'une étude et justifie pour le géologue la construction d'une coupe, d'un log ou d'un schéma structural, n'a jamais donné véritablement lieu à des exercices. Lorsque les programmes parlaient de reconstituer l'histoire géologique locale ou régionale, à partir des études réalisées, la carte n'a servi qu'à illustrer le discours synthétique théorique du manuel. Il est peu probable dans ces conditions qu'elle ait fait l'objet de travaux de commentaires en classes.

Les études faisant appel aussi bien à la dimension spatiale que temporelle se sont appuyées à partir des années 70 sur des **blocs diagrammes géologiques**. Ces objets ont l'avantage, par l'effet

²¹⁶ LABESSE, B. 1978. Cartes et photographies aériennes pour l'enseignement de la géologie et de la géomorphologie. Paris : CNDP. Neuf documents ont été diffusés, chacun comprenait des montages stéréoscopiques, des extraits d'une carte topographique et de la carte géologique correspondante, une notice-guide et six diapositives.

²¹⁷ L'Association normande de géographie de l'Université de Caen a également produit des extraits de cartes géologiques locales simplifiés pour cet exercice de coupe.

de perspective, de présenter à la fois les trois dimensions de l'espace, en associant la coupe et la représentation en relief du plan de la carte. Ces représentations n'ont jamais fait l'objet de réalisation dans les livres scolaires.

Les utilisations précédentes des cartes et coupes géologiques se sont faites la plupart du temps **sans présentation détaillée du contenu** de ces documents et de leur codage. Leur réalisation est passée sous silence, excepté dans la classe de 4^e (1959-1979) où un exercice de **construction d'une carte géologique locale simplifiée** a été proposé de manière plus ou moins opérationnelle par les livres scolaires. La **part d'interprétation** liée à la construction et à la lecture de ces documents n'a été signalée, ou mieux mise en évidence, que très rarement.

Notons enfin, à partir de la fin des années 60, la multiplication de publications liées à l'enseignement de la géologie dans le secondaire. Chaque CRDP, au fur et à mesure de la publication de bulletins propose des comptes rendus d'étude de terrains, d'excursions, de conférences universitaires destinées aux enseignants. Certaines académies élaborent des documents pédagogiques pour cet enseignement, proposent des progressions, précisent le matériel nécessaire ou souhaitable. Les éditeurs ne sont pas en reste : les livres du professeur se généralisent, et des séries de diapositives (parfois de cartes) sont proposées. L'étude rapide de ces divers documents montre toutefois que les aspects cartographiques sont en retraits par rapport aux aspects pétrographiques et paléontologiques.

Le savoir des enseignants : place de la carte dans les concours de recrutement (CAPES et Agrégation)

Préambule

L'étude de l'enseignement de la carte à travers les programmes officiels et les manuels scolaires depuis 150 ans montre d'une part, une évolution des types d'exercices proposés et, d'autre part, un traitement superficiel de ces exercices. La lecture des « livres du professeur » proposés par plusieurs éditeurs à partir des années 60 laisse supposer une grande disparité des connaissances des enseignants au sujet de la cartographie. L'expérience de l'enseignement en lycées et collèges témoigne d'une distanciation marquée des enseignants vis-à-vis de l'utilisation de la carte géologique. L'embarras, enfin, de nombreux enseignants de terminale scientifique, suite à la proposition d'un exercice avec une carte géologique en spécialité SVT, laisse entendre une méconnaissance de l'objet et de ses utilisations.

Qu'en est-il ? L'étude des contenus des concours de recrutement des enseignants de SVT doit permettre de répondre à plusieurs questions.

- Quelle place occupe la carte dans les concours (type d'exercices, notation) ?
- Cette place évolue-t-elle en fonction des programmes à enseigner ?
- Les savoirs attendus sont-ils transposables en situation d'enseignement ?

Cette étude s'appuie sur l'analyse des rapports de jurys de ces différents concours. Il est donc également possible de préciser :

- Quels jugements sont portés sur les connaissances exposées par les candidats ?
- Quelles erreurs ou méconnaissances sont relevées ?
- Quels jugements portent ces jurys sur l'utilité de la carte pour l'enseignement ?

1. Les concours de recrutement : historique et contenu

Le corps enseignant ne présente pas d'unité de recrutement, bien au contraire. Tout essai de description passe par l'énumération des clivages qui le divisent. Le concours détermine à la fois le nombre d'heures du service d'enseignement et la rémunération, mais aussi le déroulement de la carrière, qu'il s'agisse des types d'établissements où exerce l'enseignant, des classes qui lui sont confiées, des possibilités d'évolutions de carrière (enseignement supérieur, inspection, formation continue...). Cette diversité marque toujours des clivages dans le corps professoral, clivages qui se retrouvent aussi bien dans les associations de spécialistes que dans les équipes d'auteurs de manuels scolaires.

Actuellement en SVT coexistent 5 catégories d'enseignants du secondaire : les professeurs certifiés, les professeurs agrégés, les professeurs d'enseignement général des collèges (PEGC), les maîtres auxiliaires et les adjoints d'enseignement. Certains ont été recrutés sur concours (externes ou internes), d'autres sur diplômes. Les savoirs théoriques et pratiques attendus des candidats varient selon le concours.

1.1 L'agrégation

L'agrégation d'histoire naturelle fut créée en 1869, mais le recrutement ne commença qu'en 1881²¹⁸. Elle marque la reconnaissance pleine et entière d'un enseignement. Dans son *Histoire de l'agrégation*, André Chervel²¹⁹ montre le rôle primordial joué par ce concours dans la reconnaissance de chaque discipline, dans leur construction et dans l'organisation des enseignements qui en découlent. Selon lui, l'agrégation a largement contribué à édifier les fondements du système éducatif français, elle a réussi à imposer une idée forte : l'exercice du métier de professeur exige, pour parvenir à ses buts, une formation scientifique ou culturelle de haut niveau. Concours destiné à l'origine à recruter une élite d'enseignants pour un enseignement d'élite (et des élites), il a marqué profondément tout l'enseignement classique et la distinction entre collèges et lycées.

²¹⁸ Le concours de l'agrégation est créé en 1776 par Louis XV, puis supprimé par la Révolution et rétabli en 1821. En 1840, Victor Cousin scinde l'agrégation de sciences en deux : sciences mathématiques et sciences physiques et naturelles. En 1852, Hippolyte Fortoul réduit à deux les agrégations : lettres et sciences, mais son successeur Gustave Rouland rétablit en 1858 la scission en deux de l'agrégation scientifique. C'est seulement avec Victor Duruy en 1869 qu'apparaissent les trois spécialités : sciences mathématiques, sciences physiques et sciences naturelles. L'agrégation de sciences physiques comporte à l'écrit, jusqu'en 1885, une composition d'histoire naturelle. Le statut de ces agrégations n'a guère été modifié depuis l'arrêté du 29 juillet 1885. On lira avec intérêt l'article de HULIN, N. 1984. Science qui se fait, science qui s'enseigne : à propos d'un document sur l'agrégation de sciences physiques, depuis 1869. *Histoire de l'Education*, N°21, janvier 1984, pp. 37-58.

²¹⁹ CHERVEL, A. 1993. Histoire de l'agrégation, contribution à l'histoire de la culture scolaire. Paris : INRP/éditions Kimé, 289 p.

Le déroulement du concours depuis sa création est une institution.

En 1989 est créé le concours de **l'agrégation interne**. C'est avant tout une promotion interne par accès à une échelle de rémunération plus élevée et accès possible aux classes de l'enseignement supérieur, au corps d'inspection et à la catégorie des chefs d'établissements agrégés. Le concours met l'accent à travers ses épreuves sur la dimension professionnelle. Il cherche à répondre à une aspiration de carrière de maints enseignants.

Tableau 11 : Déroulement du concours de l'agrégation externe (1910 à 1997)

Date d'effet ou de modification	Déroulement de l'écrit	Déroulement des travaux pratiques	Déroulement de l'oral
...1910	2 Compositions sur programme des lycées Composition sur le programme spécial	3 TP : zoologie, botanique, géologie	Leçon coeff. 4, niveau enseignement sup. Leçon à coeff. 3, niveau lycée Leçon à coeff. 2, dite épreuve A (démonstration) Sujets pris dans les 3 disciplines
1931	Suppression des épreuves spécifiques ²²⁰ de l'agrégation des jeunes filles : hommes et femmes passent désormais le même type d'épreuve. Les concours restent toutefois séparés.		
1954	Suppression du programme spécial : 3 compositions sur programme des lycées : physiologie-zoologie, botanique, géologie	sans changement	Leçon sup., coeff. 4 Leçon lycée, coeff. 3 Epreuve A, coeff. 3
1959	Deux options distinctes et même coeff. pour chaque épreuve <u>Option. sciences de la terre</u> : 3 écrits (géologie, botanique, zoologie) <u>Option. sciences biologiques</u> : 3 écrits (physiologie ou biologie, botanique, zoologie)	sans changement	pas de changement pour la nature des épreuves, mais changement des coeff. : 5 pour l'option du candidat, 4 pour les autres.
1963	Epreuve de l'option, coeff. 4, et coeff. 3 pour les 2 autres	sans changement	suppression de l'épreuve A, il reste 2 leçons : Leçon niveau sup. sur option, coeff. 7 Leçon niveau lycée, coeff. 7
1974	Suppression des concours séparés hommes et femmes		
1979	sans changement	sans changement	3 leçons : Leçon niveau sup. (P) Leçon niveau lycée (L) Leçon de démonstration (D)
1991	Le programme du concours est fixé par arrêté pour 2 ans		
1995	sans changement	sans changement	Leçon de démonstration au niveau sup. 2 leçons niveau lycée (L)

L'écrit comprend une épreuve professionnelle (composition pédagogique à partir d'un dossier) et une épreuve scientifique (composition). Les épreuves portent sur n'importe quel enseignement des programmes de collèges et lycées. Les candidats admissibles passent deux épreuves orales : une leçon, niveau collège ou lycée et un exposé de travaux pratiques.

²²⁰ Elles passaient jusqu'alors deux épreuves écrites (biologie animale et biologie végétale) et une leçon, mais pas d'épreuves pratiques. L'agrégation féminine ne fut créée qu'en 1883.

1.2 Du CAEC au CAPES

Au cours du XIX^e siècle et au début du XX^e siècle l'enseignement des sciences naturelles, comme celui de la plupart des disciplines, est assuré essentiellement par des professeurs bacheliers, ou licenciés²²¹. Les agrégés sont très minoritaires. Au cours du XX^e siècle les bacheliers seront peu à peu relégués dans les fonctions de surveillance et les licenciés, titularisés à l'ancienneté, formeront la masse des enseignants des lycées et collèges.

Le gouvernement de Vichy crée un nouveau concours en 1941, celui du Certificat d'aptitude à l'enseignement dans les collèges (il existait déjà dans les établissements féminins). C'est le début du corps des certifiés. Le CAEC sera supprimé en 1950 pour être remplacé par le Certificat d'aptitude au professorat du second degré (CAPES).

Le CAEC section physique et sciences naturelles comportait 3 compositions : une de sciences naturelles (5h et coefficient 2), une de physique (5h et coefficient 2) et une de chimie (4h et coefficient 2). Les candidats admissibles passaient alors 3 leçons dans les mêmes disciplines (45 minutes chacune, coefficient 2) : le niveau à traiter était précisé. Les programmes étaient ceux des lycées de la 6^e à la classe de Philosophie-Mathématiques.

Le CAPES (de 1951 à 1955) comportait 3 épreuves écrites : un exposé pédagogique, une composition de zoologie ou de physiologie et une composition de botanique ou de géologie. Les candidats admissibles passaient une leçon niveau premier cycle et une autre niveau second cycle. Le CAPES nouveau régime est mis en place en 1952. Il constitue alors le concours de recrutement des Centres Pédagogiques Régionaux (CPR). Deux CAPES (ancien et nouveau régime) coexistent de 1952 à 1955. Les candidats admis dans un CPR effectuent un stage pédagogique de deux ans comme enseignant-stagiaire, encadré par un conseiller pédagogique. A l'issue de cette année ils passent deux épreuves pratiques en situation.

En 1987 est créé le concours du **CAPES interne**. C'est une promotion pour les PEGC et une titularisation pour les auxiliaires. L'écrit²²² est semblable à celui du CAPES externe actuel. L'oral, depuis 1993, comprend une seule épreuve dite épreuve professionnelle qui porte sur un dossier relatant une séquence d'enseignement. Ce dossier peut être composé²²³, à partir d'une note de synthèse du candidat (option 1) ou par le jury lui-même (option 2). Le candidat choisit son option lors de son inscription.

En 1995 est créé un concours spécifique d'accès au corps des professeurs certifiés²²⁴. Il ne comprend qu'un oral avec deux épreuves : une épreuve scientifique (type CAPES externe) et une épreuve professionnelle (type CAPES interne). Nous signalons seulement son existence : son contenu n'a pas été étudié.

Tableau 12 : Déroulement du concours du CAPES externe (1950-1997)

Date d'effet ou de modification	Déroulement de l'écrit	Déroulement de l'oral
---------------------------------	------------------------	-----------------------

²²¹ GUERRAND, R.-H. 1987. C'est la faute aux profs !. Paris : La Découverte, 198 p.

²²² De 1989 à 1992, l'écrit comprenait une composition sur dossier et une épreuve scientifique. La composition sur dossier était une épreuve pédagogique où il était demandé au candidat d'élaborer une progression pour un niveau de classe donné intégrant les documents scientifiques fournis et de proposer un exercice d'évaluation explicitant les critères de réussite et les capacités testées. La composition scientifique était un sujet à énoncé relativement court mais s'appuyait également sur des documents fournis au candidat.

²²³ Les candidats admissibles adressent au président du jury, dès leur convocation, six notes de synthèse préparées au préalable et décrivant des séquences d'enseignement qu'ils ont eux-même réalisées ou qui l'ont été par un collègue. Deux doivent être choisies en géologie.

²²⁴ Bulletin officiel n° 14, du 13 octobre 1994 ; BO n° 46 du 15 décembre 1994 ; BO n° 3 du 19 janvier 1995.

1950 (jusqu'à 1955)	3 épreuves écrites : Exposé pédagogique Composition de zoologie ou physiologie Composition de géologie ou botanique	2 leçons : Leçon niveau 1er cycle Leçon niveau 2e cycle
1952	2 épreuves écrites : Composition de zoologie ou physiologie Composition de géologie ou botanique	sans changement
1971	sans changement	Leçon niveau lycée Entretien sur les autres disciplines
1974	sans changement	Leçon niveau lycée sur discipline choisie par le candidat Entretien dans chacune des 3 autres disciplines
1976	Suppression des concours séparés hommes et femmes	
1982	3 épreuves écrites : Zoologie et physiologie animale, coeff. 4 Géologie, coeff. 3 Botanique et physiologie végétale, coeff. 3	sans changement
1992	2 épreuves écrites : Biologie, coeff. 4 Géologie, coeff. 2	sans changement
1994	sans changement	2 types d'épreuves : Epreuve scientifique comprend : un exposé soit en biologie, soit en géologie (tirage au sort) et un entretien sur l'autre discipline Epreuve professionnelle sur dossier proposé par le jury

1.3 Les autres catégories d'enseignants

Le corps des **PEGC** a été créé en 1969 pour permettre aux instituteurs et institutrices de continuer à enseigner comme instituteurs dans les anciens cours complémentaires du primaires transformés en collèges d'enseignement général (CEG) par la réforme de 1969. Ces professeurs ont hérité de l'enseignement primaire supérieur l'obligation d'enseigner deux disciplines (classiquement, en ce qui nous concerne : physique-chimie et sciences naturelles). Les PEGC ne sont plus recrutés depuis 1986.

Les maîtres d'études du XIX^e siècle (les surveillants), devenus maîtres-répétiteurs puis répétiteurs sont nommés professeurs-adjoints en 1902. Bacheliers pour la plupart (ou assimilés), parfois licenciés ils sont cantonnés dans des tâches de surveillances très peu gratifiantes. Ce sont les pions. Ils sont remplacés à partir de 1945 par **les adjoints d'enseignement** (AE) dont le service se partage entre l'enseignement et la surveillance. La plupart sont alors licenciés.

Les **MA** sont créés en 1962 pour faire face aux conséquences du baby-boom et à la massification de l'enseignement. Il s'agit généralement de licenciés, souvent de candidats recalés aux concours du CAPES. En 1983 fut lancé un plan de titularisation des auxiliaires dans le corps des AE et des PEGC. L'ouverture des concours internes cherchaient également à les intégrer dans le corps des certifiés. Plusieurs fois interrompu, leur recrutement est actuellement suspendu.

Les conditions de recrutement et de formation des PEGC, AE et MA ne sont pas abordées dans cette étude : leurs connaissances sur la carte géologique ne peuvent être précisées. N'oublions pas qu'ils représentent et ont représenté un fort pourcentage des enseignants de collèges.

1.4 Domaine de l'étude

Ces précisions sur la diversité des recrutements des enseignants ne sont pas inutiles pour

aborder le bilan des savoirs attendus des enseignants. Les savoirs des enseignants sur la carte sont difficiles à évaluer. C'est la raison pour laquelle, l'étude s'est limitée aux savoirs attendus de ceux-ci lors des concours et les a évalués à travers le jugement porté par les jurys de ces concours dans leurs rapports.

La période étudiée couvre à peu près le siècle avec des variations de précisions en fonction de la disponibilité des sources documentaires. Ainsi la deuxième moitié de ce siècle est plus étudiée. De plus, le choix de cette période se justifie largement par l'inflation du corps enseignant à laquelle on assiste alors. Empruntons quelques chiffres à Hervé Hamon et Patrick Rotman²²⁵. Tous établissements et toutes catégories confondus, l'enseignement secondaire employait 27 800 enseignants en 1951, 66 300 en 1958 à la veille de la réforme Berthouin, 135 400 en 1966 et 288 000 à la rentrée 1981. Cette croissance s'est ralentie pour atteindre en 1997, 379 052 enseignants titulaires²²⁶. De 1951 à 1981 le nombre d'enseignants a été multiplié par dix, avec une augmentation record de 13,8 % en 1965. Cette inflation est stoppée en 1973 ; en 1980 il y a moins de postes que de candidats normaliens à l'agrégation de mathématiques et de lettres et des candidats avec 13 de moyenne sont refusés au CAPES de lettres²²⁷. En 1988 c'est avec le renfort d'une campagne publicitaire (« Enseigner jeunesse ») qu'on cherche à nouveau des candidats.

Toutes disciplines confondues l'enseignement secondaire se composait au 1 janvier 1997 de : 214 319 certifiés et assimilés (titulaires du CAPES ou du CAPET), 59 572 professeurs de lycées professionnels (titulaires d'un concours spécifique), 43 436 PEGC, 40 038 agrégés, 22 649 MA et 12 030 chargés et adjoints d'enseignement (AE).²²⁸

Il convient donc d'avoir à l'esprit ces deux aspects particuliers de l'évolution du corps des enseignants dans une période majeure de notre étude de l'enseignement de la carte géologique. Un corps enseignant très diversifié par la nature et les conditions du recrutement, dans un contexte d'inflation du nombre des élèves et de réunions des filières d'enseignement. L'évaluation des savoirs attendus aux concours du CAPES et de l'agrégation ne peut donc être qu'un indicateur.

L'étude des savoirs attendus des enseignants porte sur les concours externes et internes de l'agrégation et du CAPES.

2. L'exercice pratique de cartographie de l'agrégation externe

L'agrégation externe se distingue des autres concours par ses épreuves de travaux pratiques. A l'issue des 3 épreuves écrites, les candidats admissibles passent 3 épreuves pratiques de 4 heures (biologie animale, biologie végétale et géologie) communes aux candidats en sciences de la vie et en sciences de la Terre. L'épreuve pratique de géologie comprend aujourd'hui deux types d'exercices : un exercice de pétrographie (étude d'une lame mince accompagnée ou non de l'échantillon macroscopique) et un exercice de cartographie (coupe et/ou schéma structural). A ces deux exercices incontournables s'ajoutent un à deux autres exercices portant sur les autres disciplines des sciences de la Terre (stratigraphie, sédimentologie, paléontologie, minéralogie, géochimie, radiochronologie...).

2.1 Nature et évolution de l'épreuve

²²⁵ HAMON H. et ROTMAN, P. 1984. Tant qu'il y aura des profs. Paris : Seuil, Coll. L'épreuve des faits, p. 56.

²²⁶ Source : Direction de l'Évaluation et de la Prospective du Ministère de l'Éducation Nationale (Chiffres au 1. 1. 1997)

²²⁷ ALBERTINI, P. 1992. L'école en France : XIX^e-XX^e siècle, de la maternelle à l'université. Paris : Hachette, Coll. Hachette Supérieur, p. 161.

²²⁸ Source : DEP du MEN

Cette étude porte de 1964 à 1997 sur les rapports de jurys. Ces documents fournissent des informations plus ou moins détaillées sur le contenu des épreuves et la notation. Au delà de cette date l'étude s'appuie sur quelques rapports retrouvés et sur la présentation des sujets du concours dans le Bulletin de l'Union des Naturalistes²²⁹. Cette présentation était faite à partir des informations fournies par des membres du jury (généralement le président), également membre de l'Union. Moins détaillée (les épreuves pratiques ne sont pas toujours indiquées) cette source permet toutefois d'indiquer le type d'exercice proposé à l'épreuve pratique de géologie, entre 1910 et 1958.

Quelques remarques sont nécessaires à la lecture de ce tableau :

- Les épreuves du concours masculin et féminin ne sont pas distinguées dans les rapports des jurys retranscrits dans les bulletins de l'UdN de ces années ;
- Durant la Grande Guerre des sessions n'ont pas eu lieu et plusieurs sessions se sont déroulées la même année (1919, 1920 par exemple) ;
- Les rapports ne précisent pas systématiquement les barèmes appliqués aux épreuves.

Tableau 13 : Nature des épreuves pratiques de cartographie du concours de l'agrégation (1910-1958). Sources : rapports des jurys de concours et bulletins de l'Union des naturalistes. (CG : carte géologique ; CpG : coupe géologique).

Année	Nature de l'exercice	Carte géologique	Nb points/total TP géologie
1910	Pas d'épreuve de TP		
1911	Pas d'épreuve de cartographie		
1912	Pas d'épreuve de cartographie		
1913	Pas d'épreuve de cartographie		
1914	Pas d'épreuve de cartographie		
Pas de concours de 1914 à 1919			
1919	Pas d'épreuve de TP ?		
1920	CpG suivant tracé	Cartes au 1/80 000	
1921	CpG suivant tracé	Cartes au 1/80 000	
1922	Interpréter d'après la CG les relations entre terrains en s'aidant de CpG	Privas, 1/80 000	
1923	Analyse portion CG	Cartes au 1/80 000 Pontarlier, le Puy, Gap	
1924	Analyse portion CG	Cartes au 1/80 000 Perpignan, Die	
1925	Analyse portion CG	Cartes au 1/80 000, Clermont, Digne, Nantua	
1926	CpG pour analyse portion CG	Cartes au 1/80 000 Digne, Saint-Claude, Grenoble	
1927	CpG pour analyse portion CG	Cartes au 1/80 000 Luz, Clermont-Ferrand, Angers, Castellane	
1928	CpG pour analyse portion CG	Cartes au 1/80 000 Aix-en-Provence, La Flèche	

²²⁹ L'Union des Naturalistes de l'Enseignement secondaire public fut fondée en 1911 suite à une réunion au lycée Saint Louis, le 1 décembre 1910, des professeurs de sciences naturelles de Paris. Il s'agit d'une association professionnelle de type 1901, semblable à celles déjà existantes à cette époque en langues vivantes, grammaire, mathématiques, philosophie, physiques et histoire. Elle se donne pour objectif l'étude des questions relatives à l'enseignement des sciences naturelles dans l'enseignement secondaire (examen, travaux pratiques, matériel, collections) et la défense des intérêts professionnels de ses membres. L'atteinte de ce but passe dès l'origine par la publication d'un bulletin périodique destiné aux sociétaires.

Les statuts de l'association sont précisés dans le Bulletin N°1, d'avril 1911. Dès cette date sont publiés chaque année les grandes lignes des contenus des concours : de l'agrégation, du Certificat d'aptitude à l'enseignement en collèges (1942) et du CAPES (1951).

L'Union des Naturalistes de l'Enseignement secondaire devient en 1965 l'Association des Professeurs de Biologie et Géologie de l'Enseignement public. Le Bulletin de l'UdN devient le Bulletin pédagogique trimestriel de Biologie Géologie.

1929	CpG pour analyse portion CG	Cartes au 1/80 000 Angers, Saint Claude, Privas, Neufchâtel	
1930	CpG pour analyse portion CG	Cartes au 1/80 000 Buis, La Flèche, Ornans, Grenoble	
1931	?		
1932	CpG pour analyse portion CG	Cartes au 1/80 000	
1933	CpG pour analyse portion CG	Cartes au 1/80 000 Albertville, Château-Gontier, Epinal, Ornans, Saint Claude	
1934	?		
1935	?		
1936	?		
1937	?		
1938	CpG et étude portion CG, influence de la structure sur le modelé	Cartes au 1/80 000	?
1939	?		
1940	?		
1941	?		
1942	Analyse portion CG	Cartes au 1/80 000 Annecy, Mirecourt, Rouen, Privas, Montauban, Commercy, Le Vigan	?
1943	Etude portion CG	Cartes au 1/80 000 Digne, Castellane,	?
1944	?		
1945	CpG	Quillan, 1/80 000	2/5 total
1946	CpG et son commentaire	Cartes au 1/80 000 Briançon, Gap, Annecy	?
1947	CpG et justification du choix de tracé	Cartes au 1/80 000 Annecy, Quillan, Castellane	?
1948	?		
1949	CpG et son commentaire	Cartes au 1/80 000	½ total
1950	CpG suivant tracé et commentaire	Cartes au 1/80 000	20 pts/40 pts
1951	CpG suivant tracé	Cartes au 1/80 000 Aix-en-Provence, Sainte Affrique, Privas	1/3 total
1952	CpG et commentaire	Cartes au 1/80 000	?
1953	CpG et commentaire CG et CpG	Cartes au 1/80 000 Nice, Castellane, Digne, Grenoble	16 pts/40 pts
1954	CpG et commentaire de la CG et de la CpG	Carte au 1/80 000 Digne, Le Buis, Nice	16 pts/40 pts
1955	CpG et commentaire de la CG et de la CpG	Cartes au 1/80 000 Nice, Castellane, Le buis, Digne	?
1956	CpG et commentaire de la CG et de la CpG	Cartes au 1/80 000 Figeac, Falaise, Le Buis, Valence	?
1957	CpG et commentaire de la CG et de la CpG	Cartes au 1/80 000 Charolles, Saint Pierre, Ornans, Orange	16 pts/40 pts
1958	CpG et commentaire de la CG et de la CpG	Cartes au 1/80 000 Foix, Quillan, Ornans, Orange	17 pts/40 pts

Tableau 14 : Nature des épreuves pratiques de cartographie du concours de l'agrégation (1964-1997). Sources : rapports des jurys de concours, bulletins de l'Union des naturalistes, bulletins de l'Association des Professeurs de Biologie et Géologie. Jusqu'en 1974 les concours masculin (H) et féminin (F) sont distincts. De 1974 à 1976 il y a deux groupes de TP (gr 1 et gr 2) avec deux sujets semblables mais distincts. (CG : carte géologique ; CpG : coupe géologique).

Année	Nature de l'exercice	Carte géologique	Nb points/total TP géologie	Repères Enseignement secondaire
1964 H	CpG (24 pts) et Schéma structural	Grenoble, 1/80 000	30 pts/60 pts	

1964 F	CpG suivant tracé (20 pts), esquisse structurale	Ornans, 1/50 000	30 pts/60 pts	CG en classe de 4° depuis 1959
1965 H	CpG, Schéma structural, analyse structurale photographies aériennes	Alpilles, 1/50 000	30 pts/60 pts	
1965 F	CpG suivant tracé, esquisse structurale CG et géologie de la région	Séderon, 1/50 000	30 pts/60 pts	
1966 H	CpG suivant tracé, Schéma structural schématique, analyse photographies aériennes	Digne, 1/80 000	30 pts/60 pts	
1966 F	CpG suivant tracé (18 pts) esquisse structurale, analyse photographies aériennes	Grenoble, 1/80 000	30 pts /60 pts	Création de la 1°D
1967 H	CpG suivant tracé, Schéma structural, analyse photographies aériennes	Nice, 1/80 000	30 pts/60 pts	
1967 F	CpG (18 pts) Etablissement sur calque d'une CG d'après photographies aériennes	Chambéry, 1/50 000	30 pts/60 pts	
1968				
1969 H	CpG et questions de lecture (avec CpG)	Saint-Martin de Londres 1/50 000	35 pts/60 pts	
1969 F	CpG et son commentaire, Schéma structural	Salains les Bains, 1/50 000	20 pts/60 pts	
1970 H	CpG (2) et questions de lecture	Nice, 1/50 000	35 pts/60 pts	
1970 F	CpG et son commentaire	Charpey, 1/50 000	20 pts/60 pts	
1971 H	CpG et questions de lecture	Perthuis, 1/50 000	30 pts/60 pts	
1971 F	Questions de lecture et commentaire CG	?	?	
1972				
1973 H	CpG (plusieurs) et Histoire géologique	Sainte Affrique, 1/80 000	30 pts/60 Pts	
1973 F	CpG et commentaire CG	Rumilly, 1/50 000	30 pts/60 pts	
1974 gr 1	CpG Dégager les thèmes que cette CG peut illustrer, préciser les exercices à réaliser	Saint-Gaudens, 1/50 000	30 pts/60 pts	
1974 gr 2	Analyse de la CG et inventaire des enseignements que l'on pouvait en tirer	Rennes-Cherbourg 1/320 000	30 pts/ 60 pts	
1975 gr 1	Schéma structural Questions de lecture à illustrer par CpG et croquis	Privas, 1/80 000	30 pts/60 pts	
1975 gr 2	CpG Commentaire CG, CpG	Clermont-Ferrand, 1/50 000	30 pts/60 pts	
1976 gr 1	CpG (2) suivant tracé Questions de lecture	Champagnole, 1/50 000	20 pts/60 pts	
1976 gr 2	CpG suivant tracé Commentaire CpG	Oloron-Sainte Marie, 1/50 000	20 pts/60 pts	
1977	CpG suivant tracé	Marquise, 1/50 000	20 pts/60 pts	
1978	CpG suivant tracé Questions de lecture	Saint-Girons, 1/50 000	?	
1979	CpG long tracé, Schéma structural, Commentaire	Alpilles, 1/50 000	20 pts/40 pts	
1980	CpG long du tracé (12 pts) Commentaire CG	Bedarieux, 1/50 000	20 pts/40 pts	CG en classe de 3°
1981	CpG long du tracé (12 pts) Commentaire CG	Rocroi, 1/80 000	20 pts/ 40 pts	
1982	CpG (10 pts), Commentaire et Schéma structural	Chalonnnes-sur-Loire, 1/50 000	20 pts/40 pts	Création de la classe de 1°S
1983	CpG (9 pts), Commentaire de la CpG, Interprétation photographies aériennes	Nantua, 1/80 000	15 pts/ 40 pts	
1984	CpG (8 pts) Questions de lecture	Gap, 1/250 000	15 pts/40 pts	
1985	CpG (4 pts) Questions de lecture	Brioude, 1/50 000	18 pts/40 pts	

1986	CpG Questions de lecture, Histoire géologique	Saint Girons, 1/50 000	18 pts/40 pts	
1987	CpG, tracé libre (2), Schéma structural Questions de lecture, Histoire géologique	Marseille, 1/250 000	18 pts/ 40 pts	
1988	Schéma structural Histoire géologique Dégagez 2 thèmes pédagogiques	Selestat, 1/50 000	20 pts/ 40 pts	Suppression de la CG en classe de 4 ^e
1989	CpG et Schéma structural Questions de lecture	Aix-en-Provence, 1/50 000	20 pts/40 pts	Suppression de la CG en classe de 3 ^e
1990	CpG et Schéma structural Questions de lecture	Pontarlier, 1/50 000	?	
1991	CpG Questions de lecture histoire	Lourdes, 1/50 000	18 pts/ 40 pts	
1992	CpG Questions de lecture	Salernes, 1/50 000	18 pts/40 pts	
1993	CpG Questions de lecture	Marquise, 1/50 000	19 pts/40 pts	
1994	CpG (2) Questions	Damprichard, 1/50 000	19 pts/40 pts	
1995	CpG le long du tracé (12 pts) Commentaires sur structures Commentaire histoire tecto.	La Javie, 1/50 000	19 pts/40 pts	
1996	CpG le long du tracé (16 pts) Commentaire de structures	Quillan , 1/50 000	19 pts / 40 pts	
1997	CpG, esquisse structurale, Questions lecture	Annecy-Bonneville, 1/50 000		

Les épreuves pratiques sont introduites au concours de l'agrégation masculine à partir de l'année 1911. Il s'agit en géologie d'exercices de détermination d'échantillons macroscopiques de roches et de fossiles. A ces exercices de pétrographie et paléontologie s'ajoute en 1920 un exercice de cartographie géologique.

L'épreuve pratique de cartographie est une véritable institution dans ce concours : elle est proposée sans discontinuité depuis 1920. Plusieurs constantes ressortent de l'étude de ces tableaux.

L'épreuve de cartographie consiste avant tout en **la construction d'une coupe géologique**. Cet exercice est demandé chaque année aux candidats (excepté en 1988, 1974, 1971, 1943 et 1942, au moins pour les années connues). Le tracé de la coupe est souvent imposé. Le libre choix de l'emplacement s'accompagne d'une demande de justification. Ce choix traduit la compréhension de la carte, c'est à dire la détermination préalable des structures géologiques les plus caractéristiques et représentatives du style géologique de la feuille ou une particularité structurale d'intérêt majeur. Le choix d'imposer ou non le tracé peut relever de raisons pratiques : lorsque le nombre des admissibles est important, il est plus facile et rapide de corriger une coupe au tracé imposé qu'une coupe libre. Quoi qu'il en soit dans un cas comme dans l'autre, il est possible de demander au candidat un commentaire de sa coupe. Cette demande est courante de 1946 à 1958 par exemple.

L'exercice de construction de coupes géologiques n'est au programme de l'enseignement secondaire général que de 1966 à 1981 dans la classe de 1^{re} D. Introduit dès 1920 dans les Ecoles primaires supérieures (EPS), où enseignent des instituteurs et non des professeurs agrégés, il se retrouve cependant dans certains manuels de classes de 4^e à partir de 1938. Présentées sans être à construire la coupe figure dans l'enseignement des classes de 4^e de 1959 à 1988, et de 3^e de 1980 à 1989. Il est clair qu'il n'y a pas de relations entre l'exercice demandé aux candidats à l'agrégation et l'enseignement secondaire. En dehors d'une étude sur les contenus d'enseignement des classes préparatoires, il est imprudent d'en conclure que cet exercice est « hors programme » et ne présente pas de justification professionnelle.

L'exercice de **commentaire** géologique peut revêtir plusieurs formes. Il peut s'agir d'un commentaire général de la carte ou d'une portion de celle-ci (un rectangle est délimité sur la carte proposée). Il peut faire suite à la production d'un schéma structural ou de son esquisse, ou s'appuyer sur la production d'une coupe. Il peut insister plus sur les aspects structuraux ou plus sur les aspects historiques. Il passe alors à l'exercice de reconstitution de **l'histoire géologique** de la feuille étudiée. De 1923 à 1942, le sujet parle « d'analyse d'un rectangle de carte géologique » ; le terme de commentaire n'apparaît qu'après cette date. Notons cette distinction. La source de l'information (Bulletin de l'UdN) étant secondaire, nous ne pouvons affirmer que c'était là les propres termes de l'énoncé et qu'ils traduisent un changement dans la définition ou la signification de l'exercice. Notons également l'utilisation du terme interprétation dans un exercice de commentaire de carte de 1922 : « interpréter d'après la carte géologique les relations entre terrains en s'aidant de la coupe géologique ». On reviendra sur ce terme dans les commentaires des jurys, qui l'utilisent fréquemment.

Ce travail de commentaire est parfois remplacé (à partir des années 70) par des **questions de lecture**. Il s'agit de faire préciser au candidat, soit la signification de certaines structures visibles sur la carte (plissements, discordances), soit de leur faire dater un événement, soit encore de leur faire établir des phases de métamorphisme ou de granitisation. Il s'agit donc de questions plus précises sur certains aspects figurant normalement dans un bon commentaire de carte.

L'enseignement secondaire de la carte géologique jusqu'en 1959 se borne à un commentaire des sols de France (du sous-sol), un commentaire sur la localisation géographique des roches et fossiles étudiés ou à une reconstitution de l'histoire géologique de la France, de la région ou de la localité, sous forme d'un discours (commentaire) tenu par l'enseignant. Il est donc demandé ici au futur professeur de savoir produire le discours qu'il aura à tenir.

La construction d'un **schéma structural** est demandée de 1964 à 1969 ; par la suite c'est un exercice plusieurs fois proposé, seul ou avec celui de la coupe. Le terme d'esquisse structurale est également employé, il renvoie à un niveau de précision et de construction moins détaillé que celui de schéma. En 1966 l'épreuve masculine demande la construction d'un schéma et l'épreuve féminine, d'une **esquisse**. Cette distinction est à mettre en relation avec le nombre beaucoup plus important de candidats que de candidates à l'option sciences de la Terre. Rappelons également qu'avant 1931, les candidates à l'agrégation féminine ne passaient pas d'épreuves pratiques de géologie.

L'exercice de construction d'un schéma structural permet d'évaluer la compréhension des grandes unités géologiques de la carte. Ce n'est pas une carte géologique simplifiée, c'est une extraction sélective d'informations, suivie d'une réorganisation synthétique. Le schéma doit exposer clairement les unités géologiques et leurs relations tectoniques. Il traduit une lecture maîtrisée de la carte, c'est implicitement, au moins dans l'esprit, un préalable au choix de l'emplacement d'une coupe. La date tardive d'introduction de cet exercice au concours est à mettre en relation avec le développement des savoirs savants. La géologie structurale et la simplification modélisatrice, que représente le schéma, prennent de l'ampleur avec le développement de la tectonique globale et la nécessité de penser la structure des cartes dans un contexte beaucoup plus large s'affirme alors.

Dans l'enseignement secondaire le schéma structural n'a jamais été un exercice proposé par les programmes officiels. Il pouvait être éventuellement réalisé en classe de 1^{re} D, dans le cadre de l'étude de notions de morphologie où il était possible, à partir des cartes et de photographies aériennes de définir un paysage structural par rapport à un paysage lithologique ou climatique. Il figure d'ailleurs parfois à ce titre dans les manuels scolaires de cette classe. La nature même de l'exercice requiert une maturité cartographique supérieure à l'exercice de lecture ponctuelle.

De 1965 à 1967 apparaît un exercice **d'analyse de photographies aériennes**. L'épreuve féminine de 1967 demande précisément d'établir une carte géologique (une carte structurale ?) sur calque, à partir de photographies aériennes. Cet exercice est à mettre en relation avec le programme de la classe de 1^{re} D de la rentrée 1966. La géologie y est introduite par l'étude simultanée des cartes

topographiques et géologiques et des photographies aériennes correspondantes. L'interprétation des coupes, comme l'introduction à l'étude de notions de tectonique, s'appuie également sur ces photographies. On retrouve cet exercice au concours de 1983, alors que son usage dans l'enseignement secondaire vient de disparaître avec la suppression de la classe de 1^{re} D en 1982 et la création de la classe de 1^{re} S.

L'observation stéréoscopique de photographies aériennes apporte, par l'étude de la géomorphologie, des informations sur l'érosion différentielle des roches et les structures liées à leurs déformations (plissements, failles). Cet exercice, qui permet de visualiser en « relief » des structures représentées en plan sur la carte, est une aide à la lecture de celle-ci. Ceci est surtout vrai en régions montagneuses ou désertiques. Son intérêt en tant qu'exercice tient surtout à l'interprétation des structures observables proposée par le candidat.

Cet exercice n'a plus été proposé depuis 1983. Il ne correspond plus guère non plus aux enseignements universitaires, où il n'est courant qu'en géographie.

Notons enfin la particularité des épreuves de cartographie de 1974 et de 1988, où le candidat était placé en situation de **proposer des utilisations de la carte**, il était d'une certaine manière placé dans la situation d'un enseignant.

En 1974 les admissibles étaient partagés en 2 groupes.

L'épreuve du premier groupe portait sur la feuille de Saint Gaudens au 1/50 000, accompagnée de sa notice et du tableau résumé des sondages effectués dans cette zone. On demandait aux candidats de dégager de la carte les thèmes qu'elle permettait d'illustrer et les exercices de difficultés croissantes qu'elle permettait de réaliser. Une coupe était également demandée : sa localisation était libre.

L'épreuve du deuxième groupe était assez proche. On demandait aux candidats de faire l'inventaire des enseignements que l'on pouvait tirer dans différents domaines, de l'étude de la feuille au 1/320 000, Rennes-Cherbourg.

Il ne s'agit donc pas de produire un commentaire géologique sur la carte, mais de déterminer l'usage qu'il pourrait être fait de cette carte pour enseigner des thèmes géologiques. Le candidat doit dans un premier temps identifier ces thèmes, c'est à dire les éléments de sédimentologie, stratigraphie, tectonique, métamorphisme...présentés par la carte. Cette étape s'apparente sur le fond à la lecture détaillée, préalable à tout commentaire. Il doit ensuite organiser ces éléments en thème d'études. Il doit se placer en situation d'utilisateur enseignant et il doit faire utiliser la carte. Ceci est clairement précisé dans le sujet du premier groupe où il doit au delà de la présentation des thèmes, proposer des exercices sur la carte. La demande de propositions d'exercices de difficultés croissantes requiert de la part du candidat une maîtrise de l'objet et une démarche pédagogique.

L'épreuve pratique de 1988 portait sur la feuille de Sélestat au 1/50 000 et demandait de réaliser un schéma structural puis de résumer sous forme d'un tableau les principales étapes de l'histoire de la région couverte par la carte. S'y ajoutait une troisième question : « Dégagez et illustrez deux thèmes pédagogiques : l'un niveau 4^e, l'autre niveau 1^{re} S, parmi les sujets suivants (la chronologie relative, l'hydrogéologie, le métamorphisme, la tectonique). »

On retrouve là, même si la formulation est quelque peu différente, un exercice plaçant le candidat dans la situation d'un enseignant. L'exercice nécessite bien sûr une bonne lecture de la carte, qui renferme les quatre thèmes proposés, mais aussi une connaissance des programmes d'enseignement. La notion de « niveau » de classe est à prendre au sens de niveau théorique des programmes et non bien sûr au sens de celui d'une classe moyenne. Il en est ici comme des épreuves orales du concours. La proposition de cet exercice peut se comprendre à la lecture des rapports de jurys des différentes années, qui tous regrettent que les candidats ne sachent pas faire appel à la carte pour enseigner la géologie.

L'étude de la diversité des cartes proposées (pour les années étudiées) montre que certaines régions géologiques sont privilégiées (Jura, Provence) et qu'à l'inverse d'autres sont délaissées (le Massif armoricain n'est proposé qu'une seule fois et à travers la carte Rennes-Cherbourg au 1/320 000). On peut noter également qu'il était fréquent, lorsque plusieurs cartes différentes au 1/80 000 étaient proposées, de retrouver les mêmes cartes plusieurs années de suite. Il ne s'agit là que de simples remarques, une étude pourrait être menée sur la nature des objets géologiques qui étaient présentés à travers la diversité réduite des cartes. De même que l'on pourrait chercher à préciser si le choix de ces cartes répondait à une valeur pédagogique majeure de celles-ci, une disponibilité éditoriale ou une disponibilité matérielle du lycée d'accueil du concours, ou un lien particuliers avec les membres du jury. Ces aspects n'ont pas été étudiés.

Notons en revanche le passage progressif dans les années 60 de la carte au 1/80 000 à la carte au 1/50 000, peu disponible jusqu'alors. Les cartes à échelle « régionales » sont peu proposées à l'étude : Rennes-Cherbourg au 1/320 000 en 1974, Gap et Marseille au 1/250 000, respectivement en 1984 et 1987, c'est à dire lors de leur parution.

L'étude du nombre de points attribués à l'épreuve de cartographie, pour ce que l'on en sait à travers ces données, montre que celle-ci représente près de la moitié de la note de travaux pratiques de géologie. L'épreuve dure également 2 heures sur les 4 heures du TP de géologie. Il s'agit donc bien d'une épreuve majeure, représentative des savoirs « pratiques » attendus des candidats.

En résumé, que peut-on dire du contenu de ces 75 ans de concours ? L'exercice de cartographie est d'abord un exercice de construction de coupe géologique, puis un exercice de commentaire de la coupe et/ou de la carte. C'est une constante, indépendante de l'évolution du savoir savant et des savoirs à enseigner.

Pour ce qui est de la recherche de parallèles entre l'évolution du savoir savant et l'évolution du contenu de l'épreuve pratique de géologie, il convient d'étudier les autres exercices proposés lors de cette épreuve. Aux deux exercices traditionnels d'origine, la détermination pétrographique et paléontologique, sont venus s'ajouter, voire se substituer en partie, des exercices de sédimentologie, d'hydrogéologie, de géochimie, de géophysique... La nature de ces exercices est beaucoup plus représentative de l'évolution de la géologie, que l'exercice de cartographie qui n'évolue qu'avec la substitution progressive des cartes au 1/50 000 et 1/250 000, aux cartes au 1/80 000 et 1/320 000.

2.2 Jugements portés par les jurys sur les résultats

Les rapports de jurys sont l'occasion de présenter les sujets proposés aux concours et de relever les erreurs les plus fréquentes. Ils s'accompagnent de conseils pour les futurs candidats et d'une critique des résultats de l'année. Les notes sont comparées aux années précédentes (moyennes aux différentes épreuves, meilleures notes et plus mauvaises notes, meilleurs candidats...). Certains rapports présentent les critères de notation et précisent ce qui était attendu des candidats. Les contenus des rapports sont très variables surtout sur une aussi longue période (1964 à 1997).

Avant 1964, les sources de cette étude sont plus fragmentaires et surtout beaucoup moins précises en ce qui concerne les jugements portés par les jurys successifs. Le Bulletin de l'UdN retranscrit souvent le rapport du président de jury adressé à son ministre de tutelle, mais celui-ci se limite la plupart du temps à des jugements très généraux sur les taux de réussite.

Tentons toutefois de préciser les difficultés et insuffisances des candidats à travers les jugements en notre possession. Gardons à l'esprit, que jusqu'aux années 50 les candidats au concours ne sont guère plus qu'une cinquantaine pour vingt postes, quand ce n'est pas une vingtaine pour cinq postes.

A la lecture des rapports, le jugement est sans appel : le savoir cartographique des candidats est d'une manière général insuffisant voire très insuffisant. Ce jugement global et expéditif ne peut passer inaperçu. Il figure quasiment dans tous les rapports.

Bien souvent les critiques des jurys se limitent à condamner une méconnaissance aberrante, invraisemblable, inadmissible²³⁰ de la lecture de la carte ou de la construction de la coupe sans préciser la nature des erreurs ou des ignorances des candidats.

Cet état est mis au compte d'un manque d'entraînement, d'une insuffisance dans la formation des candidats. On peut y lire : « le niveau des candidats de l'option sciences biologique est très insuffisant » (1964) ; « deux catégories de candidats se révèlent les plus faibles : les candidats de l'option sciences biologiques d'une part et les enseignants quelle que soit leur option d'autre part » (1965) ; « le jury s'inquiète de la pauvreté des enseignements de géologie assurés dans les maîtrises de sciences naturelles » (1975) ; « déficiences très importantes dans la culture géologique des candidats de l'option sciences biologiques » (1976). Le jury de 1981 insiste auprès des préparations à l'agrégation pour que le niveau des candidats tant biologistes que géologues soit relevé en cartographie géologique, celui de 1989 juge préoccupant le niveau des candidats en ce qui concerne l'aptitude à commenter une carte géologique. En 1996, un seul candidat a obtenu une note supérieure à 10 à l'exercice de cartographie.

Tentons de préciser les insuffisances.

Dès 1943, le président du jury notait²³¹ : « On constate quelques ignorances assez surprenantes sur les notions de **géométrie** très élémentaires utilisées pour le tracé d'un profil géologique ». Cette remarque est celle qui revient le plus régulièrement dans les rapports. Il est souvent reproché aux candidats de ne pas savoir déterminer **la valeur ou le sens d'un pendage** à partir de l'intersection des couches et des courbes de niveau (technique des « V » dans les vallées). Du coup, les failles sont tracées presque toujours subverticales, les chevauchements ne sont pas vus. Lorsque les signes de pendages sont indiqués, nombre de candidats ne savent pas les interpréter. Sans interprétation correcte des pendages, il n'y a pas de coupe géologique possible, c'est la condition de production de la troisième dimension de la carte : la profondeur.

Ces critiques signifieraient que bon nombre des enseignants n'étaient pas capables, lorsqu'ils ont passé le concours, de se représenter correctement la carte en trois dimensions²³².

Dans ces conditions on n'est pas étonné de lire dans les rapports que de nombreux candidats n'achèvent pas l'exercice de coupe (7 coupes achevées en 1976 sur 82), ou n'en rendent pas.

Ce reproche de travaux bâclés revient souvent, pour les coupes, les schémas structuraux et les commentaires. Il faut garder à l'esprit que les candidats sont en situation de concours et que le facteur temps intervient défavorablement. Ceci étant, ces travaux expédiés, médiocres, peuvent traduire aussi une **connaissance trop approximative des exercices demandés** : les schémas structuraux rendus ressemblent plus souvent à des cartes géologiques simplifiées qu'à des esquisses structurales (1990). La nature des terrains est notée mais rarement les éléments structuraux (1975). Les commentaires souvent négligés, sont parfois des condensés (1980) ou des copies maladroites de la notice (1970).

Ces insuffisances traduisent également des difficultés à lire globalement une carte, à

²³⁰ Les qualificatifs employés sont souvent extrêmes : médiocres, mauvais, nuls, inadmissible, scandaleux, honteux, choquant... Les critiques sur le niveau des connaissances géologiques et surtout cartographiques sont plus virulentes que sur les autres disciplines qui ne sont pourtant pas épargnées non plus. Les jurys se plaignent régulièrement qu'une partie des candidats, voire la majorité d'entre eux, soit bien en dessous du niveau requis pour se présenter à un tel concours et déplorent la charge de travail et la perte de temps que représente la présentation de tels candidats.

²³¹ Rapport de M. Ph. Joyet-Lavergne, président du jury d'agrégation de 1943.

²³² On peut faire quotidiennement les mêmes remarques dans les travaux pratiques de cartographie de DEUG B. Elles révèlent plus qu'un simple manque de pratique. Elles traduisent une difficulté certaine à se représenter la carte en trois dimensions. L'identification du codage (des pendages) est un savoir faire qui met en jeu des représentations mentales de l'espace, qui ne peuvent se réduire à la connaissance théorique d'une technique.

l'interpréter, non pas par une simple lecture des signes, mais en intégrant chacune des informations fournies, par la carte, par ses marges, par la notice, pour en dégager les grands traits caractéristiques. Au delà de la lecture par point, le candidat doit **savoir prendre du recul** par rapport à la carte, or ce n'est pas le cas de la plupart d'entre eux lorsqu'on lit les rapports. Ceci se retrouve dans la difficulté, voire l'incapacité à choisir l'emplacement d'une coupe lorsque le tracé est libre.

Il y a également des insuffisances graphiques, des manques de soins dans la présentation, fort regrettables pour de futurs enseignants. Les règles de l'exercice (de l'art) veulent que les coupes soient construites au trait et non en couleurs, ce qu'ignorent certains et que relèvent les jurys. Les codes de présentation d'une coupe (échelle, orientation, légende, titre) ne font pas l'objet de critiques spécifiques mais peuvent être comprises comme incluses dans les reproches de coupes bâclées.

Notons enfin que l'introduction en 1965 d'un exercice d'interprétation de photographies aériennes, en concordance avec les programmes de 1^{re} D (1966), se révèle désastreuse : « l'analyse de la photographie aérienne est en général nulle » (1965) ; « beaucoup de candidats sont incapables d'interpréter une photographie aérienne » (1966). Manque de préparation universitaire ? Cela présage mal du bon déroulement de cet exercice dans les établissements scolaires.

En conclusion, nous pouvons donc noter le jugement d'insuffisance quasi constant des jurys en ce qui concerne les savoirs cartographiques théoriques et pratiques des candidats. L'exercice est un point faible des futurs enseignants, surtout à cause des difficultés, d'une part à se représenter la disposition en profondeur des couches et d'autre part à prendre du recul vis-à-vis des informations ponctuelles, de manière à penser la carte dans ses grandes structures et articulations.

3. L'épreuve écrite de géologie (Agrégation, CAPES)

3.1 Travaux demandés sur la carte géologique

Les écrits du concours de **l'agrégation externe** sont des sujets de composition sans aucun document. Leur formulation tient en une phrase : « La houille carbonifère : sa flore, sa formation, sa distribution stratigraphique et tectonique en France » (1924) ; « Géologie du Quaternaire » (1994). Aucun n'a porté directement sur la carte géologique, mais nombre d'entre eux pouvaient faire appel dans la rédaction des candidats à la réalisation de croquis cartographiques : « Les grands traits de la structure et de l'évolution tectonique du Massif central français » (1943) ; « A l'aide d'exemples précis choisis en Europe, on exposera les caractéristiques essentielles de l'édifice hercynien : son histoire pré-orogénique, les divers aspects de son organisation, son rôle dans l'évolution de notre continent jusqu'à l'époque actuelle. » (1967). Ceci étant, ces sujets n'évaluaient pas des compétences cartographiques.

La composition de sciences naturelles du **CAEC** (créé en 1941) présentait une formulation très courte du type des écrits d'agrégation. Il n'y eut pas de sujets spécifiques portant sur la carte géologique.

Le **CAPES**, qui se substitue au CAEC en 1950, comprenait une épreuve écrite en botanique ou géologie. Les sujets, là aussi, sont de formulation très courte et ne permettaient pas d'évaluation des connaissances cartographiques. La formulation des sujets change en 1972. Les compositions peuvent s'appuyer désormais sur l'exploitation de quelques documents. Celle-ci est conduite par une série de questions.

La deuxième composition de la session de 1972 porte sur la géologie et comporte un important travail sur un extrait simplifié de la feuille géologique de Largentière au 1/80 000. Les questions de paléontologie, de sédimentologie, de stratigraphie, de pétrographie partent des

informations contenues en légende ou sur la carte et les élargissent à des connaissances théoriques plus générales. La dernière question (partie) demande aux candidats :

« 1° Effectuer et commenter la coupe géologique selon AB. On précisera le style tectonique.

2° Quel est l'âge de la tectonisation de la série sédimentaire ? On s'appuiera sur des arguments précis empruntés, d'abord à la carte, puis à la géologie historique de la France. »

Ce sujet introduit à l'écrit du CAPES un travail de cartographie tout à fait classique, du type de celui demandé à l'épreuve pratique de l'agrégation. On retrouve une épreuve semblable en 1976 et 1979. Le sujet de 1981 se démarque quelque peu. La partie I est un travail cartographique classique et semblable aux précédents, mais il ne constitue qu'un aspect du sujet qui portait sur la fracturation du globe à différentes échelles d'observation. La partie II traitait de ces problèmes à l'échelle de la France (un sondage était fourni en document) et la partie III était à l'échelle du globe. La carte n'est plus l'objet central du questionnement, elle est un des documents sur lesquels s'appuie une réflexion plus générale.

Tableau 15 : Sujets d'écrit du CAPES externe renfermant une carte géologique (1972-1997). Sources : rapports des jurys de concours et bulletins de l'Association des Professeurs de Biologie et Géologie. (CG : carte géologique ; CpG : coupe géologique).

Année	Carte géologique	Questions sur la carte
1972	Extrait simplifié de Largentière 1/80 000	Lecture, CpG et son commentaire, chronologie relative
1976	Extrait simplifié de Boulay 1/50 000	Lecture, CpG schématique, esquisse paléogéographique, analyse structurale
1979	Extrait simplifié de Mas-d'Azil au 1/50 000	Schéma structural, CpG selon un tracé libre, schéma paléogéographique commenté, lecture
1981	Extrait simplifié d'une CG au 1/50 000 ; (Jura)	Analyse des accidents tectoniques, explications en s'appuyant au besoin sur CpG, schémas et blocs-diagrammes
1985	Documents portant sur CG de Saint-Bonnet au 1/50 000 ; 2 CpG schématiques, CpG synthétique O-E des Alpes, esquisse structurale des Alpes occ.	Colonne stratigraphique, analyse structurale de CpG
1987	Extrait simplifié CG Mer Rouge, Golfe d'Aden au 1/ 5 000 000 Schéma structural de l'Oman	Utilisation des documents laissée à l'initiative du candidat
1988	Extrait CG du sud-est de la France, de Marseille à Toulon au 1/200 000 Extrait de la CG de Cuers au 1/50 000	Schéma paléogéographique, CpG
1990	CpG d'une CG au 1/50 000, légende et extrait de sa notice	Retracer histoire géologique et paléogéographique
1995	CG simplifiée et schéma structural de la Nouvelle-Calédonie CpG Carte des anomalies gravimétriques	Documents à exploiter par le candidat pour un sujet sur les ophiolites.
1996	Extrait CG de Valence au 1/250 000 et sa légende, image tomographie sismique	CpG synthétique et commentaire sur les grands événements géologiques
1997	Extrait CG Lavelanet au 1/50 000 Extrait CG l'Isle-Adam, 1/50 000 Extrait CG Bédarieux, 1/50 000	Lecture légende, reconstitution histoire paléogéographique, CpG, reconstitution histoire géologique

A partir de la session de 1982, l'écrit du CAPES comporte 3 épreuves : une de physiologie

animale et zoologie (coefficient 4), une de botanique et physiologie végétale (coefficient 3) et une de géologie (coefficient 3). En 16 sessions, 7 sujets d'écrits renferment des extraits de cartes géologiques ou des coupes géologiques et donnent lieu à des questions de cartographie. La place de la carte, annoncée par le sujet de 1981 se confirme : c'est un document, au même titre que des tableaux géochimiques, des modèles tectoniques, des photographies de lames minces ou des diagrammes géophysiques ou géochimiques. Elle apporte des éléments de réponse à des sujets portant généralement sur des phénomènes géologiques globaux.

A la différence des sujets de 1972, 1976 et 1979 qui traitaient d'une carte géologique et cherchaient à reconstituer l'histoire géologique d'une feuille en s'appuyant sur les différentes lectures techniques possibles, le sujet de 1997, utilise 3 extraits de cartes géologiques différentes (à travers trois exercices différents) pour illustrer les notions de discontinuités géologiques (biologiques, temporelles, spatiales). A partir de l'extrait de la carte de Lavelanet et de sa légende, il est demandé au candidat de préciser l'intérêt des fossiles signalés dans cette zone. L'extrait de L'Isle-Adam sert à reconstituer brièvement la succession et l'évolution des milieux au cours des temps géologiques. Enfin, il est demandé à partir de l'extrait de Bédarieux de réaliser une coupe géologique pour faire apparaître les relations existant entre les différentes formations de la région considérée.

La carte est un objet d'étude du concours du CAPES externe. Depuis 1987 existe également un concours interne au CAPES et depuis 1989, un concours interne de l'agrégation. Ces concours destinés à des enseignants (ayant déjà au moins trois ans de titularisation dans un autre corps) présentent des modalités d'examen différentes de celles des concours externes. Ils évaluent surtout des compétences professionnelles. Ils constituent donc un indicateur des savoirs attendus (entretenus) des enseignants en poste.

L'écrit du **CAPES interne** comprenait, jusqu'en 1993, une composition à partir d'un dossier et une épreuve scientifique en biologie ou en géologie. A partir de 1993, il comprend deux compositions, l'une en biologie, l'autre en géologie. En 1995 l'énoncé du sujet de géologie était : « les roches témoins du temps ». Il renfermait un extrait simplifié de la carte géologique et de la légende de Condé-sur-Noireau au 1/50 000, mais également un diagramme isotopique et des représentations de fossiles. La carte devait permettre de traiter de la chronologie relative des événements qu'elle présentait. Son utilisation était laissée à l'appréciation des candidats.

C'est le seul sujet en 10 ans de concours qui ait comporté un travail sur une carte géologique. Rappelons que la carte géologique ne fait plus partie des programmes d'enseignement depuis 1989.

Le concours de **l'agrégation interne** se démarque, entre autre, du concours externe par son écrit. Il comprend deux épreuves : une composition à partir d'un dossier (épreuve professionnelle), où le candidat doit utiliser les documents du dossier pour répondre à des questions d'ordre pédagogique (situation et utilisation des documents dans le cadre d'un niveau déterminé, progression, construction d'exercices) ; une composition sur une question de synthèse (épreuve scientifique). Les épreuves portent sur n'importe quelle enseignement des programmes de collèges et lycées.

La composition à partir d'un dossier en 1992, mettait le candidat dans la situation d'un professeur nouvellement nommé dans la région de Poligny (Jura) et disposant de documents photographiques et cartographiques variés susceptibles d'être utilisés en classe de 4^e et de seconde : photographies aériennes des environs de Poligny, extrait de la carte topographique à 1/25 000 de Poligny, coupe géologique et coupe de vulnérabilité des eaux souterraines, carte géologique de Poligny au 1/50 000, carte Zermos au 1/25 000 de Lons-le-Saulnier à Poligny, carte de vulnérabilité des eaux souterraines à la pollution au 1/50 000 de Poligny et de documents annexes à la carte de vulnérabilité.

Ce type de sujet ne permet pas de préciser les connaissances sur la carte attendue des candidats, puisque ceux-ci sont en situation de proposer des activités-élèves avec la carte et non de

réaliser eux-mêmes une étude sur la carte. Il traduit par contre l'intérêt porté par le jury à l'utilisation de cartes dans l'enseignement secondaire.

En résumé, nous pouvons donc signaler que la carte géologique a donné lieu à quelques études dans des sujets d'écrits du CAPES externe, sous une forme proche des travaux pratiques de cartographie de l'agrégation externe (1972, 1976 et 1979), mais surtout comme document, au même titre que des graphiques ou tableaux, pour des études de phénomènes géologiques plus globaux (1981, 1885, 1988... 1997). Elle n'est pas l'objet des études. Remarquons que les conditions des épreuves écrites ne se prêtent pas aisément à la réalisation de travaux de cartographie.

3.2 Rapports des jurys sur ces travaux de cartographie

Le nombre réduit de sujets traitant de cartographie à l'écrit ne fournit qu'une petite indication supplémentaire sur la place de la carte dans les savoirs attendus des futurs enseignants. Elle est toutefois intéressante car touche au concours du CAPES, grand pourvoyeur d'enseignants, relativement au concours de l'agrégation étudié jusqu'alors. L'étude des rapports confirme les conclusions établies sur l'épreuve de TP précédente.

Dès l'introduction à l'écrit du CAPES, en 1972, d'une épreuve de cartographie, le jury déplore que « de nombreux aspirants enseignants ne savent pas lire une carte » et reprend les remarques régulièrement formulées dans les rapports sur les épreuves orales. Le jury de 1976 parle d'incapacité à interpréter une carte et relève que un tiers des candidats indiquent le tracé possible de la coupe demandée, mais ne la réalise pas.

En 1979, les schémas structuraux ressemblent trop souvent à une copie simplifiée de l'extrait de la carte géologique fournie et les pendages des failles et chevauchement posent des problèmes à certains (même remarque en 1981). La géologie régionale est toujours mal connue.

En 1981, des coupes à main levée étaient attendues, très peu de candidats ont été capables de les réaliser dans ces conditions. Le commentaire d'une coupe géologique, exercice peu courant, est mal réussi par une majorité de candidats : les erreurs portent sur l'interprétation de la disposition relative d'un terrain par rapport à un autre. Le jury de 1990 remarque que cette interprétation se réduit souvent (50 % des cas) à une description. Il relève également une confusion d'échelle dans l'interprétation : les candidats traitent des exemples de structures tectoniques observées sur la carte avec un vocabulaire de tectonique des plaques.

Cette confusion d'échelle était un risque envisagé dans notre étude des programmes d'enseignement en 1^{re} S, lorsque nous faisons passer l'élève directement de l'étude d'un échantillon de roche ou d'un affleurement à une interprétation dans le cadre de la tectonique des plaques. L'échelle intermédiaire est escamotée. C'est ici le cas dans les réponses des candidats.

Nos conclusions établies suite à l'étude des rapports sur les TP de l'agrégation se retrouvent ici. La cartographie est un point faible des candidats, son objet, sa pratique et ses apports sont méconnus. En revanche, elle reste pour les jurys successifs un objet et un outil fondamental du géologue, qu'il faut connaître et pratiquer pour devenir enseignant.

4. Epreuves et questions orales

4.1 Place de la carte dans les leçons et questions d'orales

Les concours externes et internes du CAPES et de l'agrégation comportent tous des épreuves orales où les candidats peuvent être interrogés en géologie, et sur la carte. Ces oraux de géologie sont systématiques aux concours externes. Les modalités sont différentes par contre d'un concours à un autre²³³.

L'étude de la place de la carte géologique dans les épreuves orales de ces différents concours repose sur la lecture des rapports de jurys et sur les bulletins de l'UdN²³⁴. Ces sources sont beaucoup moins précises en ce qui concerne les épreuves orales, qu'elles ne le sont pour l'écrit. La liste des titres des leçons ne figure dans les rapports que depuis 1994 et leur diversité ne permet que des jugements globaux où il est souvent difficile d'extraire un avis sur les compétences cartographiques attendues ou observées. Les grands centres de préparation aux concours établissaient eux-mêmes ces listes avant cette date, en recopiant les sujets affichés durant le concours. Quelques unes de ces listes officielles ont également servi de sources à cette étude.

Ces sources très fragmentaires ne permettent pas un traitement et une analyse distincte pour les différents concours et rendent difficiles les comparaisons entre eux et avec les programmes d'enseignement en collèges et lycées. Des sujets peu proposés peuvent passer inaperçus. L'évolution de la fréquence des sujets s'appuyant sur la carte ou utilisant une carte ne peut être, dans ces conditions, qu'indicative.

Quoi qu'il en soit, il ressort de cette étude que la carte géologique a toujours fait partie des sujets de leçons proposés aux oraux. Elle peut être citée explicitement pour un travail cartographique : « montrez à l'aide de feuilles de la carte géologique au 1/80 000... » ; « les grands traits de l'architecture de la France d'après le commentaire de la carte géologique au 1/1 000 000 » ; « Interprétation d'une carte géologique au choix du candidat ». Elle peut servir explicitement de documents d'appui à l'étude d'un phénomène : « mettre en évidence les caractères des pays faillés à l'aide de cartes topographiques, cartes géologiques, photographies aériennes et schémas » ; « illustrer par tous les moyens possibles une leçon sur le métamorphisme ». Elle peut enfin être nécessaire ou utile à la présentation d'une leçon, sans être citée dans l'intitulé : « le volcanisme tertiaire et quaternaire en France » ; « les principaux types de relief et leur origine géologique étudiés à partir d'exemples précis » ; « exemples de reconstitution de paléoenvironnements » ; « le Jurassique en France ».

Passons en revue l'utilisation qui en a été faite et son évolution en 70 ans de concours.

4.1.1 Typologie des leçons faisant appel à la carte géologique

L'étude d'une carte géologique, exercice classique des TP d'agrégation, l'est aussi à l'oral du CAPES depuis sa création en 1952. La feuille est imposée ou laissée au choix du candidat ; de même les exercices de lecture lui sont ou non indiqués (construction d'une coupe géologique ou de séries de coupes, schéma structural, commentaire). Le seul élément qui ait varié, c'est l'échelle. Les cartes proposées au 1/80 000 et 1/320 000 ont été remplacées par le 1/50 000 et 1/250 000. Ces moyennes échelles renvoient à un autre type classique de leçon : le commentaire géologique d'une région ou d'une unité géologique. Signalons en 1990, un intitulé qui demandait une interprétation géodynamique de la carte.

Quelques leçons portent sur l'établissement de la carte géologique (Agrégation 1938, 1949, 1950, 1951, 1957...et 1993) et sur l'exposition des informations qu'elle contient. Il s'agit donc d'un exercice particulier de lecture où il est demandé au candidat de préciser la nature et l'intérêt, l'utilisation (1942, 1943,... 1984, 1985,... 1993), des informations contenues.

²³³ Ces modalités sont abordées dans le chapitre 1.1. sur les concours d'enseignement.

²³⁴ A partir de 1963, le Bulletin de l'UdN ne retranscrit plus les rapports de jurys. Il reste encore les sujets d'écrits, mais pas tous. Le bulletin Biologie-Géologie de l'APBG (à partir de 1965) se limite aux sujets d'écrits, quand il les indique.

Le commentaire de la carte géologique de France fait l'objet d'une à deux leçons chaque année, tant au CAPES qu'à l'agrégation. Dans les années 30 à 50, l'intitulé est celui du programme des lycées : « Les grandes régions géologiques du sol français à partir de la carte au 1/1 000 000 ». Le commentaire peut être à orienter plus sur les aspects stratigraphiques et chronologiques ou plus sur les grandes unités géologiques, les grands ensembles structuraux (1993).

Dans le même ordre d'idée, avec seulement un changement d'échelle, il est fait appel à la carte pour des **commentaires de géologie régionale**. Chaque grande unité géologique a été étudiée à un moment ou à un autre (le Bassin parisien et le Bassin aquitain, le Massif central, le Massif armoricain, les Alpes, les Pyrénées...). L'intitulé précise généralement s'il est attendu un développement plus structural ou plus historique, ou si il convient de s'appuyer sur une coupe. Les cartes utilisées sont aussi bien des cartes à moyenne échelle (1/320 000 puis 1/250 000), tout à fait adaptées à cette échelle de commentaire, que des cartes de détails (1/80 000 et 1/50 000). Un commentaire à l'échelle régionale, à partir de cartes de détails nécessite une bonne connaissance préalable de cette région pour choisir avec pertinence les feuilles les plus représentatives. Pour la majorité de ces leçons, les cartes sont laissées au choix du candidat. Cet exercice est très proche des contenus de programmes des classes de 4^e puis de 3^e, de 1938 à 1989.

Entre le commentaire régional et le commentaire local, signalons une leçon classique : « Site géologique d'une grande ville française ». Cette leçon permet d'ouvrir soit sur la géologie régionale (bassin, massif ancien, chaîne récente, fossé) soit sur la géologie au service des hommes (matériaux de construction, hydrogéologie, génie civil). Ces différents aspects, qui donnent lieu également à des leçons spécifiques, rejoignent l'esprit des programmes des collèges lorsqu'ils demandent d'étudier la géologie locale.

Une leçon de 1925 portait sur : « L'illustration d'une leçon sur les dislocations de l'écorce terrestre. Le candidat ne se bornera pas à montrer des dessins théoriques ou des modèles de différents accidents, mais cherchera à présenter des cartes ou des coupes typiques empruntées aux régions classique de l'Europe ». En 1927 on demandait à un candidat : « Exposez les documents (cartes, planches, échantillons) pour illustrer une leçon sur les dislocations de l'écorce terrestre (plissements, failles). »

En dehors des intitulés qui varient (l'expression dislocation de l'écorce terrestre renvoie aujourd'hui à des études structurales profondes et non superficielles comme c'était le cas à l'époque), l'usage de la carte géologique pour illustrer, définir, caractériser **des éléments tectoniques et structuraux** est une constante des épreuves orales. Jusqu'aux années 60, les sujets parlent de failles, de plis (anticlinaux, synclinaux), par la suite il est surtout question de tectonique en extension ou compression, ductile ou cassante. L'étude de structures tectoniques spécifique ne disparaît pas pour autant : deux leçons de CAPES portent en 1990 sur les chevauchements et charriages, une en 1994. Certains sujets utilisent la carte comme une des échelles d'étude des déformations. La carte est un document parmi d'autres, elle n'est pas alors l'objet de la leçon.

De nombreuses leçons s'appuient plus ou moins nécessairement sur des cartes géologiques. Ces leçons, où l'utilisation de cartes est souhaitable, voire nécessaire, sans que cela soit indiqué explicitement dans l'intitulé font l'objet de nombreuses remarques des jurys. Ils regrettent généralement que le candidat n'est pas utilisé justement de carte. C'est le cas des leçons qui étudient une période géologique ou un phénomène géologique, c'est à dire tout simplement un thème qui s'inscrit dans le temps et/ou dans l'espace. C'est le cas des leçons qui localisent géographiquement une étude.

Par exemple :

- Le Paléozoïque (ou le Jurassique, le Crétacé, le Néogène, le Tertiaire...) en France ;
- Volcanisme tertiaire et quaternaire en France ;
- Le Bassin de Paris à l'Oligocène ;

- Le métamorphisme à partir d'exemples ;
- Les bassins houillers en France ;
- L'orogénèse hercynienne ;
- Transgressions et régressions dans le Bassin parisien.

Dans ces leçons la carte sert à préciser la **localisation géographique** d'une roche ou d'un terrain, ce qui peut être le **début d'un questionnement sur sa signification géologique**. En fonction de la manière dont est posé précisément le sujet, le rôle de la carte peut varier. C'est le cas par exemple pour les sujets suivants : « le volcanisme » ; « le volcanisme en France » ; « roches volcaniques et plutoniques à travers quelques exemples français » ; « le volcanisme des DOM et TOM ». Cantonnées au rôle de carte « géographique » dans le premier cas (la carte du fond des océans est alors la plus parlante à cette échelle), posant le problème de la signification de cette localisation dans le deuxième cas, la carte et sa légende servent de **base de données chronologiques, structurales et géochimiques** dans les deux autres cas. Cet exemple illustre bien les différents niveaux d'utilisation qui peuvent être attendus de la carte.

Relevons d'autres leçons moins régulièrement proposées mais en relation avec les enseignements du secondaire, ce qui n'est pas le cas d'une certaine manière des leçons les plus classiques.

Certaines leçons portent sur les **relations : entre la géologie et le relief** à travers les processus de déformation tectonique et d'érosion (fluviale, glaciaire, marine) ; entre la géologie et les paysages ou la géologie et la nature des sols et des cultures. Citons par exemple :

- Influence de la nature des roches sur le modelé (1956, 1959,... 1985) ;
- Erosion et morphologie glaciaire (1938, 1958, 1985) ;
- Commentaire géologique de la carte au 1/320 000 de Marseille-Antibes. Montrer en particulier comment la géologie explique le tracé des côtes et les caractéristiques essentielles des paysages provençaux (1958) ;
- Les côtes bretonnes d'après la carte au 1/320 000, Brest-Lorient (1955) ;
- Interprétation géologique de quelques paysages français (1984).

Dans ces leçons la carte est mise en relation avec d'autres documents, d'autres informations. Elle conduit à expliquer, à interpréter, à partir de l'information qu'elle fournit, des aspects géographiques, morphologiques, écologiques, économiques. Ce type de leçon rappelle au candidat certains intérêts non spécifiquement géologiques de la carte, dans l'esprit de son enseignement en collèges et lycées.

Depuis les années 80 sont proposées au CAPES des leçons de reconstitution de paléoenvironnements, voire de paléoclimats. La carte géologique est alors utile comme base de données pour ces exercices.

Depuis 1993, une leçon sur la chronologie relative figure également à l'oral de l'agrégation et du CAPES. C'est un des thèmes du programme de spécialité de la classe de terminale S, depuis sa mise en oeuvre en 1994.

4.1.2 Fréquence

La diversité des leçons faisant appel à la carte géologique est à replacer quantitativement par

rapport à la totalité des leçons proposées.

En 1925 sur 7 leçons proposées à l'oral d'agrégation (7 candidats admissibles), 3 s'appuyaient sur la carte géologique. En 1933, ce rapport était de 3/14, en 1943 de 8/24, en 1951 de 12/39 et 36/118 en 1958. C'était donc près d'un tiers des leçons qui s'appuyaient explicitement ou implicitement le plus souvent sur les cartes géologiques. La leçon dite épreuve A qui consistait essentiellement en la réalisation d'expériences en physiologie, zoologie et botanique était consacrée le plus souvent en géologie à la manipulation d'échantillons et la présentation de cartes. Cette leçon est supprimée en 1963.

En 1993, 11 leçons sur 218 faisaient encore explicitement référence à la carte et 52 implicitement. La grande différence est sur la place jouée par la carte dans la leçon. Elle est rarement l'objet de la leçon et se trouve généralement associée avec d'autres documents dont des documents cartographiques spécialisés (carte géomagnétique, carte des anomalies de Bouguer, carte tectonique, carte Zermos...). Pour une majorité de leçons, elle n'est pas à l'échelle des phénomènes étudiés.

Clin d'oeil sur la place de la carte géologique à l'oral de géologie de l'agrégation : une carte géologique de la France est accrochée dans chaque salle où se déroule une leçon de géologie. Elle est omniprésente !

Nous pouvons de la même manière replacer la carte par rapport aux leçons du CAPES externe.

	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959
Nb leçons s'appuyant sur la CG/ Nb total des leçons de géologie	6/19	15/30	14/32	8/57	6/32	?	16/59	28/91

En 1959, la carte figure explicitement dans l'intitulé de 5 leçons et implicitement dans 23 autres. Comme à l'agrégation à la même époque, la carte géologique figure dans un tiers des leçons. Nous sommes à la veille de la mise en place de la réforme Berthouin et du programme de géologie de 4^e, qui fait une large place à la carte et à l'étude pratique de la géologie locale.

Pour les raisons invoquées en introduction, nous ne pouvons préciser la place de la carte dans les épreuves orales pour les années 60 et 70. Ceci est d'autant plus regrettable que c'est à cette période que la carte géologique fait l'objet d'un enseignement en collèges et lycées.

Dans les années 80 l'enseignement de 1^{er} S a substitué à la carte géologique l'étude des arguments en faveur de la tectonique des plaques, abandonnant du même coup les études locales et régionales pour des études globales. Le recrutement des enseignants est alors excessivement restreint. La place de la carte dans les leçons du CAPES externe ne change guère par rapport aux années 50.

	1984	1985	1986
Nb leçons à CG explicite/ total des leçons	3/41	3/45	3/38
Nb leçons à CG implicite/ total des leçons	9/41	15/45	10/38

La mise au concours de beaucoup plus de postes à partir du début des années 90 s'accompagne de l'apparition d'un grand nombre de sujets nouveaux. La proportion des sujets utilisant une carte géologique reste relativement stable.

	1990	1991	1994	1995

Nb leçons à CG explicite/ total des leçons	3/61	10/91	9/132	7/133
Nb leçons à CG implicite/ total des leçons	11/61	20/91	27/132	28/133

Parallèlement aux leçons, le CAPES propose régulièrement des cartes géologiques aux candidats lors des entretiens (candidats passant leur leçon en biologie, ou, avant 1992, en physiologie animale-zoologie et botanique-physiologie végétale). L'interrogation débute généralement par « l'interprétation d'une carte géologique »²³⁵. Le candidat dispose de quelques minutes avant le début de l'épreuve pour repérer les grandes lignes de la carte. Il lui est ensuite demandé d'identifier quelques échantillons (roches, fossiles), parfois en sur lames minces ou photographies.

4.2 Importance portée à la carte par les jurys

Le rapport du président du jury de l'agrégation de 1965 résume assez bien les avis formulés aux diverses époques par les jurys. Rédigé au moment où se prépare le programme de 1^{er} D, il attend des futurs enseignants une connaissance sûre de la carte.

« Dans les leçons de Géologie, l'accent a été mis explicitement sur la nécessité de fonder l'exposé sur la carte géologique, soit à titre d'illustration précise (les granites et leurs gisements ; les volcans et les roches volcaniques), soit comme base même de la leçon (leçon de géologie régionale). La carte géologique est en effet le document de base que doit savoir analyser le professeur de sciences naturelles. Seule, elle lui permettra de situer la région où il exercera, d'en comprendre les possibilités et les richesses, d'y organiser des excursions. Seule, elle restitue la dimension spatiale du phénomène étudié. Si la carte au 1/1 000 000 donne une bonne image de la France, la carte au 1/320 000 est par excellence celle qui reflète la géologie d'une vaste région, tandis que la carte au 1/80 000 ou au 1/50 000 est irremplaçable pour la géologie locale ou pour situer un fait particulier »

L'usage de la carte géologique pour poser les problèmes ou comme substitution nécessaire à l'observation directe du terrain est sans cesse rappelé dans les rapports, quelles que soient les années et les programmes d'enseignement du secondaire. C'est un réflexe exigé du candidat pour éviter l'aspect trop théorique et « livresque » (rapport agrégation 1976) de leurs leçons.

« Toutes les fois que c'est possible le point de départ d'une leçon doit être la présentation d'un matériel : roche, fossile, lame mince, carte, etc. dont la description soignée permettra de mettre en évidence des faits élémentaires à partir desquels seront introduites des notions plus générales. Cette démarche est en effet celle caractéristique des sciences naturelles » (rapport agrégation 1977). « Il importe donc, à partir de l'analyse méthodique d'observations, ou d'expériences, géologiques, géophysiques ou géochimiques, de construire un raisonnement pour en arriver à l'élaboration de notions générales qui permettront ensuite la construction de modèles théoriques. Dans la plupart des cas au contraire, le candidat présente d'abord le modèle interprétatif, et seulement ensuite les faits qui le justifient. C'est inacceptable. (...) Il faut suppléer à l'impossible observation sur le terrain par la richesse, le choix judicieux et l'analyse rigoureuse des documents cartographiques, photographiques, iconographiques » (rapport agrégation 1979).

²³⁵ BARDINTZEFF, J.-M., DUBACQ, J.-P. et BAEHR, J.-C. 1995. Réussir le capes et l'agrégation des sciences de la vie et de la Terre. Paris : Masson, p. 82.

Les jurys regrettent que les candidats ne sachent pas utiliser les différentes échelles à bon escient. Ils dénoncent régulièrement la méconnaissance, voire l'ignorance générale de la géologie régionale. Les cartes au 1/320 000 puis au 1/250 000, au fur et à mesure de leur édition, représentent l'échelle la plus appropriée à ce type d'étude. Ces cartes requièrent une capacité de lecture synthétique et instantanée, qui fait défaut à la plupart des candidats.

Ces problèmes de lecture sont régulièrement évoqués, qu'il s'agisse d'une lecture par production d'une coupe ou d'un schéma structural, ou d'une lecture directe. En 1983, par exemple, le jury du CAPES rappelle que les candidats doivent être capable de lire rapidement une carte et d'y reconnaître rapidement des anticlinaux, synclinaux, discordances. Les jurys regrettent souvent que cette lecture rapide reste très superficielle et conseille (rapport CAPES 1985) aux futurs candidats de mettre à profit, au cours de leurs études, les séances de travaux pratiques, pour apprendre à réaliser une coupe géologique, certes, mais aussi pour assimiler concrètement, à partir de la carte, des connaissances en stratigraphie ou en géologie structurale en replaçant les coupes dans un contexte général. « Une démarche méthodique d'analyse des cartes devrait être une caractéristique commune à tous les candidats » (rapport CAPES 1991).

La carte ne doit pas être seulement un objet d'étude, elle doit être un outil de compréhension et d'explication de la géologie. La carte doit être utilisée comme outil d'enseignement de la géologie. Cet avis est toujours actuel. « La lecture de la carte, document de synthèse et de référence, reste encore trop souvent problématique » (rapport CAPES 1991). « Tout candidat doit pouvoir présenter clairement les grands traits structuraux de n'importe quelle région française à partir de cartes à n'importe quelle échelle. La connaissance de la géologie régionale doit permettre d'illustrer les grands événements qui ont jalonné l'histoire géologique de la France ».

L'enseignement universitaire, et scolaire, de la géologie dans le cadre du paradigme de la tectonique des plaques ne fait pas disparaître (ne doit pas faire disparaître) le rôle de la carte. Cette opinion qui ressort de la lecture des rapports traduit l'impression inverse qui ressort des leçons et entretiens des candidats.

Bilan sur les savoirs attendus des enseignants aux concours de recrutement (Agrégation, CAPES)

La carte géologique a toujours fait l'objet de questions aux concours de l'agrégation et du CAPES. A l'agrégation, elle donne lieu à un exercice de cartographie lors du TP de géologie (construction de coupes géologiques ou d'un schéma structural, commentaire). Cette évaluation représente la moitié du temps et de la note de cette épreuve. L'écrit de géologie du CAPES peut présenter des exercices de lecture d'un extrait de carte. La carte n'est pas dans ce cas l'objet de l'épreuve mais une partie des réponses attendues sont à en extraire. Elle fait enfin partie des épreuves orales, quel que soit le concours. Il est alors demandé au candidat de connaître et de pratiquer au besoin les différents types de lecture possibles de cette carte. Elle peut être l'objet central de la leçon, elle est le plus souvent une base de données factuelles à laquelle doit se référer le candidat.

La place de carte dans les concours est stable, quel que soit le contenu des programmes de géologie enseignés dans le secondaire. La seule évolution notable est liée à l'apparition de documents cartographiques nouveaux : la carte partage alors son rôle de base de données avec ces autres représentations. Les savoirs attendus des futurs enseignants ne sont pas déterminés par ces programmes mais par la place occupée par la carte dans le savoir savant, représenté par les membres des jurys.

Les jurys des concours, avec ce ton très tranché qui les caractérise, ont toujours **jugé globalement insuffisantes et inopérantes les connaissances sur la carte tant théoriques que pratiques des candidats**. Nombre des enseignants, au moment où ils ont été recrutés n'étaient pas jugés capables d'exploiter une carte géologique et donc de transmettre un apprentissage qu'ils ne maîtrisaient pas eux-mêmes. Les insuffisances relevées portent sur la capacité à se représenter la troisième dimension de la carte, sur la capacité à extraire des informations de manière sélective, sur la capacité à produire différents niveaux de lecture de la carte.

Au delà de ce bilan sur les savoirs attendus des enseignants qui ont assuré et assurent l'apprentissage de la carte en fonction des programmes, nous sommes conduits à soulever quelques remarques.

Il existe un décalage important entre la place occupée par la carte dans le savoir géologique savant (place réaffirmée régulièrement par les jurys) et les savoirs attendus des futurs enseignants (du secondaire), et les connaissances (savoirs et savoir-faire) présentées par ces candidats. On notera, qu'alors que la carte n'occupe quasiment plus aucune place dans l'enseignement secondaire et une place réduite dans bien des enseignements universitaires, elle soit jugée de tant d'intérêts pour la formation des géologues et le recrutement des enseignants du secondaire par les jurys universitaires des différents concours. Comment expliquer qu'un outil d'une telle importance ne fasse plus l'objet d'apprentissages ? La place de la carte dans la géologie est-elle correctement prise en compte dans l'élaboration des programmes d'enseignement de la géologie ?

Conclusion

La carte géologique est enseignée dans l'enseignement spécial dès 1848, alors que la première carte moderne, celle de Dufrénoy et Elie de Beaumont est seulement parue en 1841 et les premières cartes départementales en 1836. Ces cartes sont des répertoires de données et leur présentation est limitée à un enseignement technique destiné à une classe sociale tournée vers l'industrie et l'agriculture. La carte est introduite dans l'enseignement comme objet technique spécialisé. Son passage dans l'enseignement général se fait à l'occasion d'une fusion des enseignements spéciaux, réformés, avec l'enseignement classique; Ce dernier cultivait des savoirs savants, volontairement détachés de tous aspects appliqués.

L'évolution de la carte savante ajoute à la détermination de la nature des roches et terrains, une indication d'âge (tout d'abord relatif puis peu à peu cadrés par des âges absolus) et un codage de la disposition spatiale. La carte permet alors de produire un discours sur l'histoire géologique d'un site ou d'une région. De répertoire technique localisant les carrières et fours à chaux, elle devient une synthèse détaillée des savoirs savants du moment.

L'enseignement de la géologie, qui s'ancre dès le début du siècle en classe de 4^e fait une part bien restreinte à la carte jusqu'en 1959. En fait d'enseignement de la carte, il s'agit presque exclusivement d'un discours sur la carte géologique de France, commentée par l'enseignant. La carte sert d'illustration géographique.

A partir de 1959, elle fait l'objet d'exercices de lecture, voire même d'essais de construction. Un décalage existe entre l'ambition des programmes officiels qui souhaitent en 1966 en faire un document permanent de l'enseignement de la géologie en classe de 1^{re} D, et la réalité des classes. La technique de construction d'une coupe géologique est présentée : la carte sert de support à l'étude de la déformation des roches. Sa dimension chronologique est exploitée pour des reconstitution d'histoires géologiques. Aux contraintes matérielles vient s'ajouter l'absence d'une maîtrise savante de l'objet par les enseignants. L'épreuve de cartographie introduite dans les concours révèle régulièrement une connaissance approximative de l'objet qui handicape sérieusement son

enseignement dans le secondaire.

Reflet des connaissances de son époque la carte géologique se complexifie s'éloignant toujours un peu plus d'une utilisation potentielle dans l'enseignement. Alors que les cartes de détails se généralisent et que la carte de France est corrigée et rééditée, l'enseignement s'appuie sur des cartes de plus en plus simplifiées. L'introduction d'un enseignement de géodynamique en collèges et lycées sonne le glas de l'enseignement de la carte. Elle ne persiste qu'à la faveur d'enseignements d'aspects de géologie appliquée : son utilisation renoue en quelque sorte avec les conditions de son introduction.

L'enseignement de la carte géologique dans le secondaire s'est limité à une présentation et une utilisation comme objet technique et base de données. Son utilisation est un héritage des conditions de son introduction dans l'enseignement *via* des classes "spéciales". Elle fut momentanément un objet d'étude mais jamais un outil pour des apprentissages plus généraux sur l'espace ou le temps par exemple.

Deuxième partie

La carte géologique : pour quel apprentissage ?

Analyse du contenu de la carte

Préambule

Une carte géologique est une géographie de l'histoire de la Terre. Elle a de la géographie la cartographie de l'espace qu'elle décrit, elle a de l'histoire que cet espace a enregistré une succession d'événements. Au premier coup d'oeil on dit, c'est une carte et un oeil néophyte dit, c'est une carte géographique, parce qu'il y a des couleurs, mais aussi parce qu'il croit y reconnaître des unités, des directions, des formes qui ne sont pas effectivement sans rappeler celle d'une carte de géographie physique. Mais, dès que le regard trouve la légende, le néophyte est confronté à des termes et à des signes qu'il ignore : ça n'est plus la carte géographique qu'il croyait reconnaître, c'est une carte au codage hermétique. Il faut déjà être un minimum initié pour savoir que sous ces termes, ces lettres, ces couleurs, se cachent des indicateurs temporels, des descripteurs pétrographiques, des descripteurs spatiaux.

L'initié découvrira peu à peu que dans cette carte l'espace géographique code le temps (temps relatif) et le temps raconte les espaces anciens. Espace et temps, temps et espace se racontent ici mutuellement mais ne sont productibles que par un décodage des informations composant la carte.

Ce qui paraît d'emblée hermétique au novice est au minimum complexe pour l'initié. Novice et initié sont des termes bien sûr choisis à dessein. Le contenu de la carte, la production de l'histoire géologique qu'elle renferme ne sont accessibles que suite à une initiation, un apprentissage de la codification de l'objet. Le lecteur, qui un jour a découvert l'histoire géologique d'un lieu où il n'est jamais allé, rien qu'en lisant la carte, sait la mine d'informations qu'elle contient. Celui qui s'est livré à cet exercice devant un auditoire étranger à la géologie, sait aussi la stupéfaction ou le scepticisme qu'il a pu déclencher. Comment tant d'informations peuvent être codées dans la carte ?

La carte géologique française est à un tournant de son histoire. L'avancement des connaissances, des moyens d'investigation, l'évolution des problématiques ont rendu le contenu de la carte géologique insuffisant, voire parfois obsolète. Une carte est le reflet des savoirs et des questions de la communauté scientifique du moment. Désormais la cartographie des terrains sédimentaires doit fondamentalement s'appuyer sur l'identification d'entités lithologiques, les aspects structuraux et dynamiques du volcanisme doivent être pris en compte, les aspects pétrostructuraux et pétrochimiques des roches plutoniques conditionnent leur codage et le chimisme des roches métamorphiques constitue le premier critère de distinction. La carte évolue sur le fond, mais également sur la forme. L'accroissement des données à prendre en compte, le besoin de documents spécialisés (thématiques ou localisés) nécessitent la mise à disposition des informations sous une autre forme que celle synthétique de la carte. La nécessité d'une base de donnée informatisée s'est imposée. Elle dicte la nature et la présentation des données à collecter. La nouvelle carte géologique de la France au 1/1 000 000 renferme bon nombre de ces nouvelles caractéristiques qui doivent diriger les levers à venir des cartes de détails.

A la vitesse où se lèvent et se rééditent les cartes géologiques, les feuilles de la couverture actuelle, même dépassées, sont encore promises à utilisation pendant au moins une dizaine, voire une vingtaine d'années. De qualité et de codage variable, parce qu'entre autre étalées sur 70 ans de lever pour la carte au 1/50 000, ces feuilles sont celles utilisées et disponibles.

Notre étude porte sur des aspects bien précis de ces cartes et ne passe pas en revue la diversité des informations exposées (aspect déjà abordé dans l'historique des cartes géologiques). La carte géologique est d'abord une carte, c'est à dire une représentation de l'espace : nous préciserons

donc cette dimension et son codage. Elle raconte une histoire, elle se réfère au temps, nous précisons sa dimension temporelle et la manière dont elle est codée. Enfin c'est un savoir scientifique construit à partir d'observations, dirigées, organisées, traitées en fonction des savoirs du moment : nous nous intéresserons alors à sa dimension interprétative. L'étude de cette dimension est fondamentale à la compréhension et à l'évaluation pertinente du savoir savant que constitue une carte géologique.

1. La dimension chronologique et temporelle

La carte renferme des informations sur des événements passés, de durées variables et se succédant dans le temps. On peut y lire si un terrain est plus ancien ou plus jeune qu'un autre (avant ou après) ; il s'inscrit dans une succession, dans une chronologie événementielle. Le temps est une succession d'instantanés indépendants les uns des autres : la carte renferme des instants, des instantanés de l'histoire de la Terre, rapportés à la linéarité d'une succession, à une séquentialité qu'exprime la chronologie. Ces deux aspects du temps, durée et succession (chronologie) sont à distinguer pour bien comprendre ce que code la carte.

Les roches sont des enregistrements d'événements passés séparés par des périodes sans enregistrement. Le temps est continu mais son enregistrement ne l'est pas.

1.1 Le temps sédimentaire

Sur les cartes au 1/ 50 000 les roches sédimentaires sont codées par des couleurs qui désignent des formations ou des groupes de formations : formation du Grès armoricain, formation des Schistes à Calymènes... Aux échelles inférieures se sont des périodes ou des séries qui sont cartographiées : Ordovicien, Silurien, Crétacé inférieur, etc. Précisons tout d'abord ces termes, ils vont nous permettre de comprendre le découpage du temps sédimentaire. Rappelons tout d'abord quelques éléments de stratigraphie qu'il est nécessaire d'avoir en tête pour bien mesurer la dimension chronologique de la carte.

1.1.1 Eléments de stratigraphie

Quelques belles coupes naturelles à la faveur de falaises et quelques carrières exposent à l'observateur des empilements de couches de roches sédimentaires. Dans les régions de bassin peu ou pas déformés, tel le Bassin parisien, l'observateur peut retrouver ces mêmes empilements en plusieurs endroits éloignés les uns des autres. A ces roches correspondaient avant diagenèse des dépôts de sédiments. L'étude de la nature des dépôts renseigne sur les milieux de sédimentation anciens. Dans ces roches, des fossiles ont pu être retrouvés : ils témoignent d'une vie passée. Lithologie et paléontologie renvoient à des instants passés. Localement, régionalement une belle série de couches sédimentaires présentant un ensemble de caractères lithologiques et paléontologiques stables peut constituer un repère géologique. On peut, dès lors, caler d'autres terrains par rapport à cette série. On appelle **formation** une telle entité lithologique et on la désigne par son contenu et par le nom de la localité où elle est bien visible. La cartographie des terrains sédimentaires est fondée sur l'identification de formations. « Elle doit permettre d'appréhender l'agencement actuel des dépôts et la géométrie originelle des systèmes sédimentaires²³⁶ ».

En quoi une formation est un indicateur de temps ? D'abord il convient d'avoir à l'esprit

²³⁶ Comité de la carte géologique de France. 1997. Notes d'orientation pour l'établissement de la carte géologique de France à 1/50 000. 3^e éd. P. Andreieff, éd. Orléans : BRGM, 255 p.

quelques principes stratigraphiques qui découlent des mécanismes de la sédimentation et de ses caractéristiques géométriques.

Une couche sédimentaire résulte du dépôt gravitaire de sédiments transportés par l'air, le vent ou l'eau. L'eau est de loin le principale agent de transport. Quand l'énergie de l'agent de transport est inférieure aux forces gravitaires la charge particulaire se dépose. Postulant que dans un bassin donné le même phénomène de sédimentation se produit en tout point en même temps, la base du dépôt a partout le même âge, et le sommet également. Il s'agit de deux plans isochrones. La roche sédimentaire issue de la diagenèse de ce dépôt hérite ainsi de ce **principe de continuité spatiale**. Plancher et toit d'une couche de faciès homogène déterminent deux plans isochrones. On voit tout de suite la limite de validité de ce principe. Un dépôt est fonction de l'alimentation particulaire et de la paléogéographie du lieu, or cet espace n'est pas homogène. Il peut en résulter des variations de faciès ou des variations de la durée de dépôts en un point donné.

Deuxième principe stratigraphique : une couche sédimentaire est plus récente que celle qu'elle recouvre et plus ancienne que celle qui la recouvre. Là aussi on s'appuie sur les phénomènes sédimentaires antérieurs. La limite de validité est atteinte lorsqu'après leur dépôt et leur diagenèse les couches sont retournées par déformation du bassin et se retrouvent alors géométriquement dans une position horizontale qui les fait paraître normales alors que leur ordre chronologique est inversé. Des critères de polarité (orientation par rapport à la verticale) permettent de corriger l'effet des déformations.

Armés de ces deux principes (continuité et superposition) le géologue peut déjà raisonner localement, relativement, en terme de couches plus vieilles ou plus jeunes. Une chronologie des événements peut être établie. Pour passer de ces observations locales à des corrélations régionales ces principes sont insuffisants. Les couches ne peuvent être suivies en continue sur le terrain : l'espace sédimentaire même lorsqu'il était à l'origine continu apparaît aujourd'hui discontinu. Il est alors nécessaire de déterminer des marqueurs pour suivre à travers l'espace les plans isochrones.

La description des caractères lithologiques des couches est insuffisante à l'établissement à grandes distances de telles corrélations. Les mêmes causes produisant les mêmes effets, les mêmes séries lithologiques peuvent se retrouver à des époques différentes.

Comment recaler chronologiquement ces formations sédimentaires ? La réponse est biologique. Elle s'appuie sur la présence de fossiles dans les dépôts sédimentaires et sur le principe d'une évolution biologique irréversible et universelle. L'archivage de l'histoire sédimentaire va être double²³⁷ : la nature de l'événement sédimentaire est codé par la lithologie, sa localisation dans le temps par sa biologie (paléontologie).

Les êtres vivants depuis l'apparition de la vie se succèdent dans le temps. L'étude détaillée des terrains sédimentaires a mis en évidence une très grande diversité des formes fossiles. Des faunes et des flores se succèdent au cours des temps. Elles peuvent constituer des marqueurs temporels et servir à établir le synchronisme d'événements géographiquement éloignés. Deux formations contenant les mêmes fossiles peuvent, au moins en première approximation, être considérées comme isochrones. La chronologie est ainsi relative aux fossiles : elle s'appuie sur la présence de ces espèces fossiles.

La notion d'espèce fossile est toujours ambiguë. Biologiquement **l'espèce** est actuellement définie par l'interfécondité (réelle ou potentielle) d'une population d'individus. Tous les loups à travers le monde sont potentiellement interféconds : il n'y a qu'une seule espèce, même si des variations morphologiques et écologiques locales sont observées. Géologiquement, bien sûr, le critère n'est pas appréciable. Comment traduire une interfécondité à travers une population fossile ? On s'appuie sur le postulat que l'interfécondité se traduit par une certaine homogénéité morphologique (la remarque sur le loup module ce postulat). Ainsi, dans une couche sédimentaire

— Naissance de la géologie. Paris : Albin Michel.

donnée, une population morphologiquement semblable est considérée comme déterminant une espèce lorsque l'expression graphique des variations morphologiques présente une distribution en courbe de Gauss. On parle d'espèce isochrone.

Cette définition de l'espèce n'est guère satisfaisante lorsque l'on observe une succession verticale continue de niveaux fossilifères, ou lorsque l'on travaille sur un très grand espace géographique. Si l'évolution des espèces dans le temps se fait par déplacement continu de la valeur moyenne (évolution anagénétique), les distributions en courbes de Gauss de plusieurs populations successives se chevauchent et les caractéristiques des individus les plus évolués d'une couche inférieure peuvent présenter les mêmes valeurs que les moins évolués de la couche supérieure. Les changements brutaux de caractéristiques peuvent être considérés soit comme une évolution par saut, soit comme l'expression d'un enregistrement discontinu des faunes et flores. Les espèces que l'on décrit se démarquent plutôt bien dans ce cas les unes des autres. Ajoutons le processus d'évolution par différenciation géographique, isolement de populations. Il s'oppose à l'unité espace temps : une même espèce au même moment en tous les points. La présence de telle espèce n'est plus alors un marqueur d'isochronie.

Une espèce fossile ne constitue dès lors un bon marqueur stratigraphique que si elle répond à des critères d'évolution et de répartition précise. Elle doit présenter à la fois une faible répartition verticale dans les dépôts (occuper une durée de sédimentation réduite) et une large répartition horizontale (occuper un grand espace géographique pour permettre d'établir des corrélations). Hors de ces conditions elle n'est pas un marqueur temporel fiable pour permettre d'établir des corrélations à l'échelle internationale. La recherche d'une unité spatiale des marqueurs temporels est une condition à la reconstitution d'une histoire géologique globale et universelle.

Les corrélations sont établies très souvent, non pas sur la présence d'une espèce, mais sur l'association de plusieurs espèces : on contourne ainsi certains des écueils mis en évidence précédemment. L'établissement de corrélation repose donc sur un **principe d'identité paléontologique**.

Les séries remarquables de roches sédimentaires (formation ou groupe de formations) peuvent être réunies ou subdivisées relativement à leurs fossiles stratigraphiques. Apparition et disparition d'espèces constituent des **coupures dans le temps**, elles délimitent des durées. La découpe du temps sédimentaire est avant tout biologique.

Les séries lithologiques remarquables, et remarquées au point de servir parfois de repères internationaux, ont historiquement et circonstanciellement constitué des références stratigraphiques ou **stratotypes**. En fait ces stratotypes (formation ou groupe de formations) choisis à l'origine dans les bassins sédimentaires les mieux étudiés (Bassin de Paris, Bassin de Londres) se sont révélés parfois peu utilisables pour l'établissement de corrélations internationales. Leurs fossiles n'étant pas par exemple de bons marqueurs stratigraphiques parce qu'inféodés à un environnement restreint, à un faciès spécifique. Ceci explique les modifications internationales de certains stratotypes. Quoi qu'il en soit, ces stratotypes ont donné leur nom à la subdivision essentielle de la découpe stratigraphique du temps, l'étage²³⁸. La coupure fondamentale du temps en géologie est la base ou le sommet d'un **étage**. Elle correspond à l'apparition ou à la disparition d'une espèce ou d'une association d'espèces. L'échelle stratigraphique est une échelle biostratigraphique.

Les étages peuvent être subdivisés par l'étude de la répartition des genres, voire des espèces au sens strict. On peut ainsi dans un stratotype avoir des coupures en zones, sous-zones, voire même horizons comme c'est le cas par exemple dans le Toarcien grâce à la richesse des faunes d'Ammonites. Ces **biozones** peuvent prendre un sens chronostratigraphique et désigner internationalement non plus simplement un ensemble de couches renfermant telle ou telle biozone, mais l'ensemble des couches déposées à travers le monde au cours du temps correspondant à cette biozone et caractérisable en tel autre endroit par une autre biozone. La biozone devient ainsi une

chronozone, marquant bien la dimension biologique de la découpe du temps sédimentaire.

Le temps sédimentaire est découpé en intervalles, en une succession de durées déterminées par la présence de fossiles. Ces intervalles sont limités par des discontinuités biologiques (disparitions, apparitions). Cette succession d'intervalles constitue l'échelle stratigraphique. L'enregistrement sédimentaire du temps est discontinu et partiel. L'érosion en réduisant l'épaisseur des dépôts voire en les effaçant, efface la trace sédimentaire du temps. Les périodes d'émergence ne laissent guère de traces sédimentaires ; le temps enregistré est essentiellement marin. L'histoire de la sédimentation continentale est tronquée. Les coupures biologiques du temps sédimentaire sont également à relier à des discontinuités des processus sédimentaires et à des effacements partiels par érosion de l'enregistrement.

1.1.2 Codage cartographique du temps sédimentaire

Sur la carte, les terrains sédimentaires sont codés par des couleurs conventionnelles correspondant à des unités stratigraphiques. L'échelle de la carte détermine l'échelle de l'unité stratigraphique représentée : formations et étages sont distingués sur les cartes de détails, systèmes et séries seulement sur la carte au 1/ 1 500 000 pour des raisons de lecture. Le code de couleurs, à quelques variantes près, est le même quelle que soit l'échelle de la carte. Ainsi la couleur bleue code le système du Jurassique et se subdivise en une gamme de bleus pour distinguer ses trois séries (Lias, Dogger et Malm), elles mêmes subdivisées en une gamme de bleus plus large pour désigner les étages²³⁹. Ce codage couleur est doublé d'un codage par une lettre minuscule qui précise la période ou le système et par un chiffre qui précise l'étage, le sous-étage ou une subdivision. Ce codage permet au lecteur initié de repérer instantanément sur n'importe quelle carte géologique de France récente la présence de tel ou tel système stratigraphique²⁴⁰.

Les couleurs codent donc des âges, des intervalles de durée variable. C'est l'histoire sédimentaire qui est codée pas la sédimentologie. La lithologie des terrains peut être indiquée parfois par un figuré supplémentaire sur les cartes de détails lorsque cette information revêt une importance particulière. Cette cartographie est en voie de modification. Pour reconstituer les caractéristiques des systèmes sédimentaires anciens il convient de donner la priorité à la lithologie (lithostratigraphie) et de se servir de la dimension temporelle uniquement pour un calage permettant l'établissement de corrélations spatiales à grandes distances.

Deux points de la carte de même couleur appartiennent donc à la même subdivision de l'échelle stratigraphique, à une même durée sédimentaire. Ils indiquent qu'en ces deux points se trouvent des terrains compris dans le même intervalle de temps. Ces affleurements représentent des intervalles de temps au sein de la même durée : ils peuvent se recouvrir totalement, partiellement, ou se succéder. Ceci est d'autant plus vrai que l'échelle de la carte est réduite : les regroupements et le codage sous le même code de terrains appartenant à des durées successives créent d'apparents synchronismes. De même, moins les restes fossiles sont nombreux moins les coupures sont fines et plus se retrouvent regroupés des événements sans garantie de synchronisme. Quand on remonte dans le temps, la quantité de fossiles disponibles diminue et les durées des intervalles de l'échelle augmentent. Les variations latérales de faciès deviennent plus difficiles à mettre en évidence et des

²³⁹ Cette gamme de couleur peut ne pas être respectée sur une carte de détails lorsqu'il s'agit de mettre en avant un étage ou une formation présentant une particularité morphologique ou géologique : paléoreliefs, réponse tectonique particulière... Citons dans le Jura l'exemple du Purbéckien représenté en orange et caractéristique des plis coffrés jurassiens.

²⁴⁰ Cette notation des formations sédimentaires par rapport à une échelle chronostratigraphique est en contradiction avec la tendance internationale à cartographier des entités lithostratigraphiques. La note d'orientation pour l'établissement de la carte géologique de France au 1/50 000 de 1997, propose un système de notation hybride entre l'usage et la réalité actuelle : numérotation chronostratigraphique jusqu'à l'étage et notation des formations de cet étage par une lettre capitale en italique. En légende et en notice le nom de la formation précédera l'indication chronostratigraphique placée entre parenthèse.

événements sédimentaires synchrones peuvent être envisagés comme successifs. Le codage biologique du temps sédimentaire inféode la reconstitution chronologique des événements à la qualité de l'enregistrement biologique.

Notons enfin que classiquement, lorsque l'on cherche à représenter le temps ou à le mesurer, on se réfère à l'espace : écoulement d'une quantité de sable, déplacement d'une aiguille, nombre des cases d'un calendrier. Sur la carte l'espace ne mesure pas la durée. La surface cartographique d'une couleur n'indique pas sa durée, elle indique ce qu'il reste de l'enregistrement spatiale d'un événement sédimentaire de durée variable. L'épaisseur indiquée en légende, dans la notice, ou lue sur une coupe ou une colonne stratigraphique ne mesure pas non plus cette durée : les vitesses de sédimentation sont très variables. La durée n'est pas codée quantitativement sur la carte. On peut simplement préciser que l'histoire sédimentaire de telle zone est plus complète que telle autre par le nombre et la succession des intervalles de temps représentés par les couleurs. La succession des couleurs du Bassin parisien suffit sur une carte géologique de la France pour indiquer une histoire sédimentaire secondaire et tertiaire peu interrompue. Il faut soit connaître les durées de ces différents intervalles soit les retrouver indiquées dans la notice pour mesurer la durée de l'histoire sédimentaire enregistrée. Cette remarque est importante si on a à l'esprit qu'en géographie physique les symboles utilisés sur les cartes ont une dimension qualitative et quantitative.

Retenons que les roches sédimentaires sont représentées en fonction de la place qu'elles occupent dans l'échelle chronostratigraphique. Une couleur code un moment de l'histoire sédimentaire, situé chronologiquement à partir de critères paléontologiques. Le temps sédimentaire est découpé par les successions d'espèces et d'associations d'espèces fossiles.

1.2. Le temps magmatique

1.2.1. Mesure relative au temps sédimentaire

Prenons une carte géologique classique au 1/50 000 et cherchons à déterminer la dimension temporelle des roches magmatiques. Deux caractéristiques sont à rechercher l'âge de la roche et la durée du phénomène enregistré. L'âge peut être déterminé relativement aux roches sédimentaires en s'appuyant sur quelques principes simples.

Une roche qui en recoupe une autre, qui en transforme une autre lui est postérieure. Une roche qui se trouve recouverte par une autre lui est antérieure. Les massifs granitiques visibles à l'affleurement correspondent au refroidissement en profondeur de masses magmatiques. Lors de leur mise en place à l'état fondu, ces masses ont souvent transformé les roches qui les entouraient : on parle de métamorphisme de contact. Cette transformation visible dans les roches au contact du corps magmatique marque l'antériorité de la roche par rapport au granite. Une injection de magma dans une fracture est à l'origine d'un filon qui recoupe cartographiquement des couches ou semble inclus dans une couche. Le filon est postérieur aux couches. Des dépôts sédimentaires non transformés reposant sur un massif granitique, sont postérieurs à la mise en place du granite. La présence dans un dépôt sédimentaire de débris d'un massif granitique montre une antériorité de celui-ci. Principe d'intrusion, de recoupement, d'inclusion permettent de dater un granite relativement aux roches sédimentaires.

Un granite peut également provenir de la transformation métamorphique ultime de roches jusqu'à la fusion (granite d'anatexie). En ce cas il est un résultat du métamorphisme et non une cause, il est synchrone des transformations subies par les roches métamorphiques qui l'entourent. Une roche métamorphique provenant de la transformation d'une autre roche, est postérieure à celle-ci. Le granite est alors postérieur aux roches ayant subi ce métamorphisme. Roches métamorphiques et granites peuvent ne pas présenter cartographiquement de liens génétiques clairs : roches métamorphiques non liées à la mise en place du granite, ou granite ne représentant pas le stade ultime du métamorphisme des roches métamorphiques. Quelle chronologie relative établir ? Le

métamorphisme est postérieur à la mise en place du granite et ne l'a pas affecté, ou le granite est postérieur et n'a pas transformé les roches déjà métamorphisées.

Quand un granite recoupe et transforme une couche sédimentaire que l'on appellera A, on peut dire que le granite est postérieur à A. Si A est une couche antérieure à une autre couche sédimentaire B, mais que le granite n'est pas en contact cartographiquement avec B et que B ne présente pas de transformation à proximité du granite, on ne peut pas préciser si ce granite est antérieur ou postérieur à B. Sous réserve également que B ne présente pas des produits du démantèlement du granite, auquel cas, B est plus jeune.

La chronologie relative est une **chronologie de proximité spatiale**, elle est vite limitée. Relative à une ou plusieurs couches il est souvent difficile d'être précis dans l'âge. Ainsi un granite peut être postérieure à une couche et antérieure à une autre séparée de 300 Ma (un granite en intrusion dans des terrains cadomiens et recouvert par des dépôts carbonifères). L'intervalle dans lequel est situé l'événement peut être une ère : granite paléozoïque, volcanisme tertiaire.

Le temps magmatique à travers ces exemples est relatif à des événements sédimentaires, son âge est calé par rapport à l'échelle stratigraphique. Historiquement, une fois établi qu'un granite provient du refroidissement lent en profondeur d'un corps magmatique, les plutons ont pu être rapportés peu à peu à l'échelle sédimentaire. On parlait de granites primaires et précambriens par exemple. Ce que l'on vient d'établir sur les granites est à généraliser aux autres roches plutoniques et aux autres roches volcaniques et filoniennes. Par le jeu des recoupements entre filons dans les massifs métamorphisés et granitisés on peut souvent distinguer des générations successives de filons.

Les roches volcaniques par leur mise en place par écoulement en surface ou projection s'apparentent plus facilement au phénomène sédimentaire. Leur datation relativement aux roches sédimentaires est d'autant plus aisée que l'on peut raisonner en terme de superposition de couches (même si la géométrie des coulées est quelque peu différente). Une coulée volcanique peut se retrouver délimitée verticalement par deux couches sédimentaires : elle est plus jeune que celle sur laquelle elle repose et plus ancienne que celle qui la recouvre. Elle peut se trouver également dans une couche sédimentaire (classique dans les cas de volcanisme en milieu marin). Dans le premier cas la roche est **localisée dans une rupture du temps sédimentaire**, un arrêt de l'enregistrement. Dans l'autre elle est localisée dans la durée d'un épisode sédimentaire.

Nous n'avons fait ici que préciser par datation relative l'âge de la roche magmatique. Qu'en est-il de la durée du phénomène enregistré ? Nous avons vu en ce qui concerne les roches sédimentaires que l'enregistrement sédimentaire était lié par la vitesse de sédimentation au temps. Mais, ces vitesses sont suffisamment variables pour empêcher toute équivalence générale entre une épaisseur de dépôt et une durée. Le phénomène sédimentaire est considéré comme fondamentalement continu, et l'on observe les discontinuités, les arrêts. En ce qui concerne les roches magmatiques nous pourrions dire que le phénomène est fondamentalement discontinu.

On observe des épisodes séparés par des discontinuités de durées supérieures à l'épisode. Il convient de distinguer toutefois la vitesse des transformations qui font passer une roche d'un état solide à un état liquide et la vitesse du refroidissement de cette roche à l'état liquide. L'extrême lenteur du premier mécanisme en fait un phénomène continu (fusion partielle d'une masse mantellique lors d'une remontée adiabatique, fusion progressive d'une masse métamorphique au fur et à mesure de son enfouissement). La vitesse de refroidissement peut être très élevée, c'est le cas des roches volcaniques où le refroidissement peut même être considéré comme instantané. Elle peut être très lente, c'est le cas des roches plutoniques où le refroidissement peut nécessiter des millions d'années.

L'activité volcanique peut également apparaître continue ou discontinue dans un intervalle de temps donné. Elle peut consister en épisodes violents et brefs, instantanés à l'échelle géologique, séparés par de longs intervalles d'inactivité. Elle peut également présenter une activité effusive lente mais régulière sur une courte échelle de temps. La durée de l'enregistrement est extrêmement

variable.

Que signifie dire qu'une couche volcanique s'est déposée au sommet de l'Ordovicien (Ashguillien) de Rozan en presqu'île de Crozon ? Que durant la période où se déposaient des sédiments renfermant une faune donnée, un épisode volcanique s'est déroulé. Combien de temps a duré cet épisode ? Quelques jours, quelques années, peut-être. Quelques jours en quelques centaines de milliers d'années, peut-être. Le temps que ces espèces évoluent vers d'autres espèces et matérialisent une rupture biologique : sûrement pas. Préciser par datation relative qu'en cet endroit se trouve des roches volcaniques de l'Ashguillien, c'est seulement dire qu'en cet endroit précis pendant un intervalle de temps indéterminé compris dans cette durée sédimentaire, il a été enregistré une histoire volcanique.

L'âge relatif est une localisation dans un intervalle biologique, la durée de événement lui-même n'est pas codée dans la carte.

Une éruption volcanique même très brève peu laisser un volume de cendre ou de coulée très nettement supérieur au volume de sédiments déposés durant un intervalle sédimentaire beaucoup plus long. Il convient de toujours garder à l'esprit que la quantité de roches rapportée à un intervalle de temps ne mesure pas quantitativement sa durée. Le temps est codé qualitativement et relativement dans les roches mais pas quantitativement dans leur volume.

1.2.2 Mesure relative au temps présent

A cette chronologie des roches magmatiques relative aux roches sédimentaires, donc à cette datation de roches azoïques relative au temps biologique des sédiments est venu s'ajouter une datation absolue, ou relative au temps présent.

La radioactivité naturelle découverte par H. Becquerel en 1896 a introduit un élément de mesure quantitative du temps. La vitesse de désintégration d'un élément radioactif étant constante, il est possible de relier la mesure du temps à celle d'une quantité de matière. Les radioéléments, jouent alors le rôle d'horloges : la distance parcourue par l'aiguille est remplacée par la quantité de matière transformée. Selon la loi énoncée en 1902 par E. Rutherford et F. Soddy, la désintégration d'un élément radioactif ne dépend que du temps.

Soit un minéral contenant le radioélément A, à $t = 0$ (formation du minéral), le nombre d'atomes de A est noté N_0 et à l'instant $t =$ présent, en fonction de la constante de désintégration λ propre à l'élément A, il ne reste plus que N_t atomes de A. N_t est lié à N_0 par la loi de croissance radioactive : $N_t = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$. Cette équation est suffisante pour déterminer l'âge du minéral par mesure de N_t si on connaît N_0 . C'est le cas par exemple de la datation par le ^{14}C .

Dans la pratique le ^{14}C est un radioélément à période courte (la période T d'un élément désigne le temps nécessaire pour réduire de moitié la quantité de l'élément) donc n'est utilisable que pour dater des événements récents (Quaternaire). Le principe du calcul est quelque peu différent pour les radioéléments à période longue, les plus utilisés en géologie. Dans ce cas on ne connaît pas la quantité N_0 et l'on détermine le temps en mesurant à la fois la quantité restante N_t du radioélément et la quantité produite de l'élément-fils issu de la désintégration, N'_t . On peut alors écrire $N'_t = N_0 - N_t$ ou $N_0 = N'_t + N_t$. C'est le cas par exemple des couples $^{235}\text{U}/^{207}\text{Pb}$ ou $^{40}\text{K}/^{40}\text{Ar}$.

Dans ces calculs il importe qu'il n'y ait ni perte d'élément, ni contamination, c'est à dire que le minéral soit un système clos. Enfin, et sans entrer dans les détails, si l'élément fils est aussi un radioélément (cas du couple $^{238}\text{U}/^{234}\text{Th}$ par exemple) on peut également calculer t , mais par mesure des activités des deux éléments.

Quoiqu'il en soit, la datation absolue permet de donner un âge à une roche. Deux types d'incertitudes sont à prendre en compte :

- les incertitudes sur la mesure physique, liées aux quantités d'isotopes dosables, au choix de la méthode radiochronologique, au matériel utilisé, aux conditions de prélèvement ;
- les incertitudes liées à ce que l'on date, c'est à dire la fermeture du système minéral.

La grande difficulté est bien souvent d'identifier le phénomène daté.

Les mesures d'âges absolus effectuées sur les roches magmatiques n'ont pas bouleversé la chronologie établie jusqu'alors de manière relative. Elles ont permis de caler l'échelle stratigraphique qualitative sur une échelle temporelle quantitative. Les datations absolues effectuées sur certains minéraux des roches sédimentaires sont complétées par les datations absolues sur les roches magmatiques. La durée d'un événement magmatique peut alors être mieux circonscrite. Les roches magmatiques que ne permettait pas de dater la chronologie relative peuvent être replacées dans une chronologie. Chronologie relative et absolue tendent en se fusionnant à élaborer une chronologie générale des roches.

A cette datation radiochronologique il convient d'ajouter une autre datation physique, très utilisée pour les projections et coulées volcaniques : **la magnétostratigraphie**. Le champ magnétique terrestre peut être caractérisé en tout point du globe par sa direction, son inclinaison et son intensité. Certains minéraux présentent la particularité d'enregistrer les caractéristiques de ce champ lors de leur formation, c'est le cas notamment de la magnétite. Lorsqu'elle cristallise au cours du refroidissement d'un magma elle enregistre les caractéristiques du champ magnétique terrestre. En dessous d'une température de 585 °C (température de Curie), elle conserve ces caractéristiques (magnétisme rémanent). La magnétite est un minéral suffisamment dur pour se retrouver en quantité dans certains sédiments. Ces grains et paillettes de magnétite présentent alors une autre propriété, celle de s'orienter selon le champ magnétique terrestre, à la manière de l'aiguille d'une boussole.

Les mesures d'aimantation rémanente effectuées sur des roches volcaniques d'âge variable connu ont révélé que le champ magnétique terrestre subissait de nombreuses inversions du dipôle. Actuellement le nord magnétique est dans une direction proche du nord géographique ; azythmiquement il est inversé et proche du pôle sud géographique. On parle dans le premier cas de champ normal et dans le second de champ inverse. Cette alternance au cours du temps de périodes de champ normal et de champ inverse corrélée avec l'échelle stratigraphique et des datations isotopiques a permis d'établir une échelle paléomagnétique (échelle des inversions de champ), chronoréférencée. Cette échelle montre des périodes de plusieurs millions d'années globalement à champ normal ou inverse, mais présentant dans le détail des successions d'inversions beaucoup plus courtes. L'irrégularité de ces durées d'inversion en fait une signature temporelle. Ainsi il devient possible par mesure des inversions de courte durée de recalibrer un événement volcanique par rapport à une échelle chronologique. On parle de magnétochronologie et de magnétostratigraphie. Cette détermination temporelle sert également à reconstituer des paléogéographies.

Notons enfin que la mesure de l'âge absolu d'une roche magmatique n'a pas pour autant rendu obsolète la mesure de son âge relativement à l'échelle biostratigraphique. Les biozonations permettent en effet un découpage beaucoup plus fin du temps, en encadrant par exemple des événements de l'ordre de 250 000 ans, soit une durée nettement inférieure à l'incertitude sur la mesure d'un âge absolu.

1.2.3 Codage cartographique du temps magmatique

On voit ainsi que l'âge et la durée d'un épisode magmatique (d'une roche) peut être précisé de manières très diverses et souvent complémentaires. Bien que azoïques ces roches peuvent être rapportées à une découpe biologique du temps par chronologie relative. Leur datation tend à s'appuyer de plus en plus sur la mesure physique d'un âge absolu, mais la finesse temporelle inférieure de la mesure ne les en dédouane pas pour autant totalement. En fait, la datation absolue

en calant relativement au présent les ruptures et coupures du temps sédimentaire en a fait un outil encore plus performant pour la datation relative d'événements sans marqueurs biologiques. Le temps est découpé biologiquement et physiquement, la datation des phénomènes échappe de moins en moins à cette double approche.

Classiquement sur une carte géologique la couleur des roches magmatiques code leur pétrographie²⁴¹ et non leur âge. Une lettre, ajoutée à la notation qui vient doubler le code couleur, rapporte parfois ces roches à l'échelle chronostratigraphique. On distingue classiquement des granites précambriens, carbonifères...des basaltes secondaires, tertiaires... Les durées auxquelles sont rapportées ces roches étaient souvent sans commune mesure avec la durée réelle du phénomène magmatique. D'épaisses formations volcaniques rapportées au Carbonifère se trouvent localisées chronologiquement dans une durée sédimentaire où la somme des durées des épisodes volcaniques est en fait tout à fait négligeable!

La carte géologique de la France au 1/ 1 000 000 de 1996 rompt avec cette habitude en représentant les roches magmatiques selon un code temporel de couleurs (renforcé par un chiffre) et non plus seulement selon un code pétrographique. Cette carte met l'accent sur la reconstitution de l'histoire géologique. Comme signalé dans l'histoire des cartes géologiques, c'est l'aboutissement d'une tendance (générale à travers les éditions successives de cette carte) qui cherchait à replacer tous les terrains dans une chronologie unique.

Les notes d'orientation pour l'établissement de la carte géologique de France au 1/50 000, de 1997, ne suivent pas tout à fait cette tendance. Elles maintiennent l'usage fondamental des couleurs pour coder la pétrographie. Le temps sera à coder, soit par l'indication au point de prélèvement de la valeur obtenue par datation radiochronologique, soit par intégration à la notation pétrographique d'une lettre correspondant au code chronostratigraphique (sédimentaire). Dans le cas d'une datation radiochronologique la méthode de datation sera indiquée entre parenthèses selon un code prédéfini, explicité en légende. Les propositions pour le codage des roches volcaniques peuvent être inverses²⁴². Il n'y a pas d'unité dans le codage du temps.

La durée d'un épisode volcanique ou la durée nécessaire au refroidissement d'un pluton ne sont pas prises en compte.

1.3 Le temps métamorphique

Une roche métamorphique provient de la transformation d'une roche à l'état solide en réponse à des modifications de pression et de température (modifications chimiques éventuellement). La transformation métamorphique intervient au niveau minéralogique, pétrographique et textural. Une roche métamorphique a donc au moins une double histoire : celle de sa roche originelle (le protolite) et celle de sa transformation. L'intensité de la transformation est très variable et on observe une continuité entre les transformations diagénétique d'un sédiment et les transformations métamorphiques. L'état de cristallisation de certains minéraux argileux (l'illite) est un repère posé arbitrairement pour distinguer la diagenèse du métamorphisme. A l'autre extrémité de la transformation, la déstabilisation minéralogique qui aboutit à la fusion de la roche est également un phénomène progressif qui fait placer dans les roches à fort métamorphisme des roches partiellement passées par l'état fondu.

²⁴¹ Les notes d'orientation pour l'établissement de la carte géologique de France à 1/50 000 de 1997 recommandent de représenter les types d'associations magmatiques par une dominante de couleur et le type pétrographique par des nuances dans cette dominante. Le codage de la dimension chronologique est secondaire.

²⁴² Dans les régions à volcanisme pétrographiquement varié, les couleurs de base sont pétrographiques et les nuances de teintes et intensités de trame sont chronologiques. Dans les régions à volcanisme pétrographiquement monotone, les couleurs de base sont chronologiques et les nuances de teintes pétrographiques. Ibid.

1.3.1 Temps double et plus

Cette position intermédiaire des roches métamorphiques, entre les roches sédimentaires et les roches magmatiques se retrouve également dans la mesure du temps. Le métamorphisme d'une roche sédimentaire renfermant des fossiles a souvent pour conséquence la disparition de ces fossiles : le marqueur biologique est effacé. La datation biologique n'est plus possible directement, elle l'est encore relativement. On peut, comme pour une roche magmatique, préciser l'âge d'un événement métamorphique en s'appuyant sur les principes de recoupement, recouvrement et inclusion. Lorsque des roches sédimentaires reposent en discordance sur des roches métamorphiques, on peut prendre l'âge de ce dépôt comme limite temporelle supérieure du métamorphisme. En fait entre les deux phénomènes, il y a eu érosion des roches métamorphiques. La discontinuité temporelle est une durée qui n'est pas mesurée.

Cette datation relative est très souvent insuffisante quand c'est toute une région qui est métamorphisée. Les cartes géologiques du Massif armoricain et du Massif central sont à ce sujet parlantes : jusqu'aux datations isotopiques, l'âge de ces terrains restait très approximatif.

La détermination d'un âge absolu n'est pas non plus exempt d'ambiguïté. Deux âges au moins se côtoient dans la roche : celui de la transformation (recristallisation) et celui de la roche originelle (protolite). La transformation métamorphique en fonction de son intensité peut, soit ne pas avoir perturbé notablement les minéraux susceptibles de servir de marqueurs (la technique radiochronologique est choisie selon la nature des minéraux disponibles) et dans ce cas les âges obtenus sont ceux des protolites, soit avoir remis "ces horloges isotopiques à zéro", indiquant ainsi l'âge de la transformation mais avec perte de l'âge du protolite. La grande difficulté des mesures de chronologie absolue repose sur l'identification du phénomène mesuré. Plusieurs phases métamorphiques peuvent de plus se succéder. Les âges deviennent multiples.

Les mesures du temps sur les roches métamorphiques combinent pour cette raison plusieurs techniques et informations. Le phénomène peut être calé par rapport à des événements magmatiques ou sédimentaires associés, par détermination du protolite (étude de l'évolution des associations minéralogiques, des déformations) puis de son âge... Les datations deviennent alors relatives à plusieurs événements distincts dont les âges peuvent être déterminés par des méthodes biostratigraphiques, relatives ou absolues.

1.3.2 Codage cartographique

Le codage cartographique des roches métamorphiques est avant tout pétrographique. Les indications d'âge, pour les raisons précisées précédemment, ont longtemps été secondaires. La couleur code un ensemble de terrains présentant une unité lithologique, on parle de formation métamorphique. L'âge du protolite parfois déterminé, lorsque celui-ci est peu transformé, est codé par la lettre initiale chronostratigraphique. Généralement les roches métamorphiques n'étaient pas rapportées au temps. Le temps n'était pas codé.

La carte géologique de la France au 1/1 000 000 de 1996 introduit un triple codage de ces roches. D'abord les couleurs sont les couleurs du protolite sédimentaire lorsque celui-ci a été déterminé : la roche métamorphique est rapporté au temps sédimentaire de son origine. A cette couleur sédimentaire s'ajoute une surcharge dont la forme du figuré traduit le faciès du métamorphisme et la couleur l'âge du métamorphisme. En fait d'âge il s'agit de rapporter un terrain métamorphique à l'une des 4 grandes phases métamorphiques française : cadomienne, varisque, pyrénéenne et alpine. Cette couleur du figuré renvoie donc à une autre découpe du temps sous forme de 4 événements géodynamiques majeurs. Ces phases sont définies par l'association d'événements tectoniques, métamorphiques et magmatiques : leur datation chronologique est variable dans

l'espace.

Les notes d'orientation pour l'établissement de la carte géologique de France à 1/ 50 000 de 1997 proposent quelques innovations (harmonisation) dans le codage du temps métamorphique. Classiquement toujours, une couleur code une unité lithologique (une formation) ; elle est définie par les caractères chimiques et minéralogiques et l'origine magmatique ou sédimentaire du protolite. Mais, lorsque le protolite sédimentaire peut être identifié (daté) malgré la transformation métamorphique, la couleur est celle de l'échelle lithostratigraphique (temps biologique). L'âge du protolite est indiqué sinon en surcharge par la lettre initiale de l'échelle lithostratigraphique. L'âge du métamorphisme est également porté en surcharge, mais de couleur rouge. Lorsque deux métamorphismes se superposent, le métamorphisme le plus vieux est indiqué entre parenthèses. La notice doit préciser les méthodes d'obtention de ces âges.

Le codage du temps métamorphique est au moins complexe. Il identifie dans le meilleur cas l'âge du protolite et l'âge du métamorphisme de celui-ci. Ces deux âges sont codés différemment.

1.4 Les codages cartographiques du temps

La nouvelle carte géologique de la France au 1/1 000 000 de 1996 tend à unifier le codage des roches par leur dimension chronologique. La couleur d'un terrain indique son âge ou plutôt l'intervalle de temps auquel est rapporté le processus à l'origine de la roche : sédimentation, cristallisation, recristallisation. Ces couleurs restent différentes pour les roches sédimentaires et magmatiques. C'est une carte qui privilégie la chronologie comme fil directeur.

Dans la quasi totalité des cartes en service et dans les projets pour les cartes à venir, le codage des roches sédimentaires est temporel, celui des roches magmatiques et métamorphiques est fondamentalement pétrographique. Les couleurs codent deux aspects différents de l'archivage de l'histoire de la Terre. Ces cartes présentent différentes modalités de codages graphiques du temps en ce qui concerne les roches magmatiques et métamorphiques. Il n'y a aucune unité de codage et de représentation du temps.

Ces âges et durées sont obtenus à partir de marqueurs biologiques pour les roches sédimentaires : l'âge est relatif à la présence de telle ou telle association fossilifère. Les terrains sont datés relativement les uns par rapport aux autres. Pour ce qui est des roches magmatiques et métamorphiques, l'âge est obtenu de plus en plus par mesure physique (radiochronologie), c'est un âge absolu en millions d'années (relatif au présent). Le reste du temps il s'agit d'âge relatif à l'histoire sédimentaire.

2. La dimension spatiale

Fondamentalement une carte est une représentation d'un espace dans le plan horizontal. C'est un volume projeté sur un plan. Cette portion d'espace terrestre, donc portion de sphère, est déformée par la projection. La cartographie réduit cette déformation en découpant l'espace en zone de faible surface c'est à dire en cherchant à être le plus près d'un plan tangent à la sphère. La carte géologique est le report sur une carte topographique de la trace de l'intersection du volume des structures géologiques avec la surface du sol. Les structures géologiques peuvent être assimilées (processus de schématisation géométrique) à des volumes géométriques : les couches sont assimilées à des plans d'épaisseur constante sur une surface réduite. Ces plans peuvent être plus ou moins déformés. La géométrie d'un pluton est beaucoup plus difficile à préciser parce que très variable : sa représentation est très approximative en dehors d'études structurales spécifiques.

La carte topographique est une représentation dans un plan horizontal de la surface du sol. La carte géologique rapporte à ce plan la disposition des terrains dans le volume souterrain. Une coupe géologique est une représentation d'un autre plan de ce volume, vertical par rapport au plan de la carte. Le volume géologique peut être décrit par la représentation selon ces deux plans perpendiculaires. La représentation de ce volume dans un plan vertical est inférée du plan horizontal de la carte. L'exercice qui consiste à réaliser une coupe est un exercice de lecture de ces informations. Matériellement cette carte est un objet à deux dimensions, mais elle renferme de manière codée des informations suffisantes à la production de la troisième dimension de l'espace.

La carte géologique renferme donc à la fois des informations sur un espace aérien (le relief) et sur un espace souterrain.

2.1 Le codage du relief

Le relief, fondamentalement continu est représenté de manière discontinue sous forme de courbes de niveau, c'est à dire comme la projection sur un plan unique (celui de la carte) de l'intersection avec la topographie d'une succession verticale de plans horizontaux. Ces plans sont des plans d'iso-altitude, ils sont choisis avec un écart altitudinal constant appelé équidistance. L'équidistance sur les cartes de détails est de 10 m en régions à faibles reliefs et de 20 m en régions à reliefs accentués. (Figure 16)

L'espace complexe a été tronçonné, mathématisé (ramené à des propriétés simples) pour être codé géométriquement.

Sur les cartes topographiques anciennes (fond topographique des cartes géologiques au 1/80 000 et premières cartes au 1/50 000) les courbes de niveau n'étaient pas représentées. Elles servaient uniquement à la production d'un figuré évocateur de l'angle des pentes entre deux courbes de niveau. Les courbes avant d'être effacées étaient reliées deux à deux par des hachures dont la longueur et la largeur traduisaient visuellement l'intensité de la pente. En contre partie il était difficile de déterminer sur ces cartes l'altitude d'un point. Elles facilitaient une lecture globale du relief (une perception) mais compliquaient sérieusement la lecture ponctuelle. Sur les cartes topographiques au 1/50 000 en courbes de niveau (type 1925) il est parfois nécessaire d'ajouter à ce codage des figurés particuliers pour indiquer des ruptures brutales de pentes (falaises) lorsqu'il n'est pas possible graphiquement de placer la succession des courbes de niveau (contraintes graphiques).

Cartographiquement le relief est donc logiquement codé de manière discontinue (l'unité de la discontinuité est l'équidistance). Toute augmentation de l'équidistance réduit la précision du codage du relief. La carte géologique à petite échelle (carte géologique de la France au 1/ 1 000 000) n'a pas de relief, elle assimile la surface du sol à un plan horizontal.

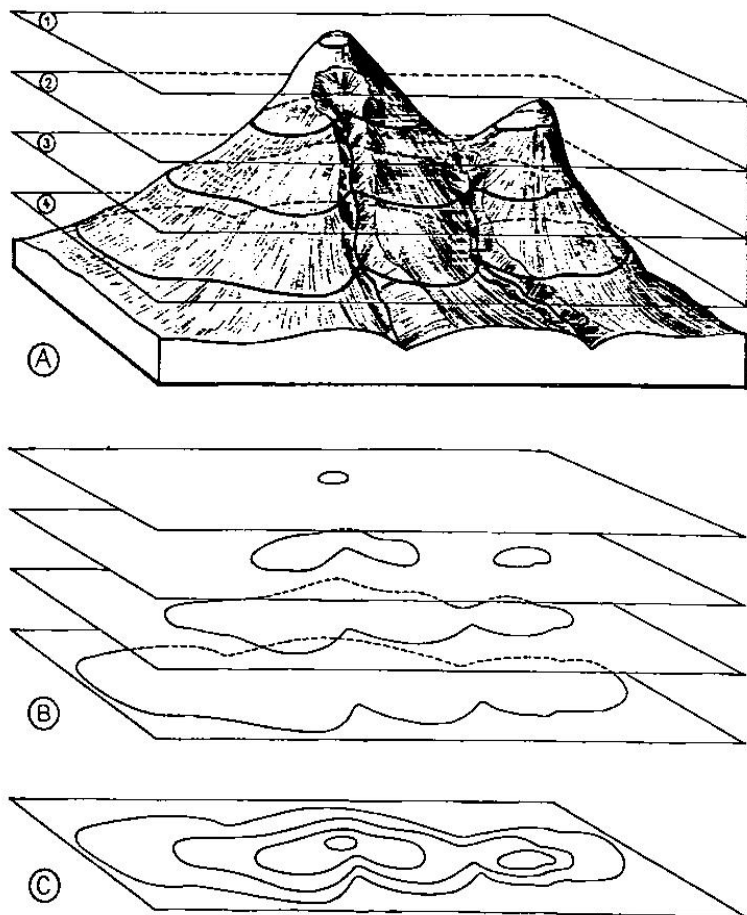


Figure 16 : Représentation d'un relief en courbes de niveau (Extrait de : AUBOUIN, J., J. DERCOURT et B. LABESSE. 1970. Manuel de travaux pratiques de cartographie, 1er cycle et maîtrise. Dunod, Paris. p. 15.)

Lors de la lecture, la restitution du relief passe par la transformation des assemblages de courbes de niveau en un volume. La représentation mentale²⁴³ de ce volume par addition de tracés dans le plan constitue une difficulté majeure pour nombre de lecteur, et peut dès lors constituer un **obstacle à la lecture de l'espace géologique** et à plus forte raison à sa compréhension. Cet obstacle est momentanément et partiellement contourné par la construction d'un profil topographique, c'est à dire la représentation de l'intersection du relief avec un plan vertical. En effet cet exercice abandonne la lecture globale en trois dimensions en la réduisant graphiquement à la lecture des altitudes des points d'intersection des courbes de niveau et du plan de coupe : on lit l'altitude de points alignés et on les reporte dans un diagramme (figure 17). Ceci ne fait que contourner partiellement la difficulté soulevée précédemment, car ne produit du volume qu'un de ses plans. Une série de profils peut éventuellement être un intermédiaire.

²⁴³ De nombreux travaux depuis vingt ans ont porté sur la construction des images mentales et sur leur prise en compte dans les processus de mémorisation ou de traitement des images, objets et concepts. Signalons quelques-uns de ceux-ci propres à prolonger la réflexion sur ce sujet ou à en préciser les limites : DENIS, M. 1979. Les images mentales. Paris : PUF, 294 p. ; KOSSLYN, S. M. 1980. Image and mind. Cambridge : Arvard University Press ; KOSSLYN, S. M. 1981. The medium and the message in mental imagery. *Psychological review*, 88, 46-66. ; DOLLE, J.-M. 1987. Réflexions épistémologiques concernant la représentation graphique de l'espace tridimensionnel. *In*: Le dessin technique. Coord. Pierre RABARDEL et Annie WEIL-FASSINA, Paris : Hermes, pp. 19-27. ; COOPER, L. A. 1990. Mental representation of three dimensional objects in visual problems solving and recognition. *Journal of experimental psychology : learning, memory and cognition*, 16, 6, pp. 1097-1106. ; BESSOT, A. et VERILLON, P. 1993. Espaces graphiques et graphisme d'espaces. Paris : La Pensée sauvage.

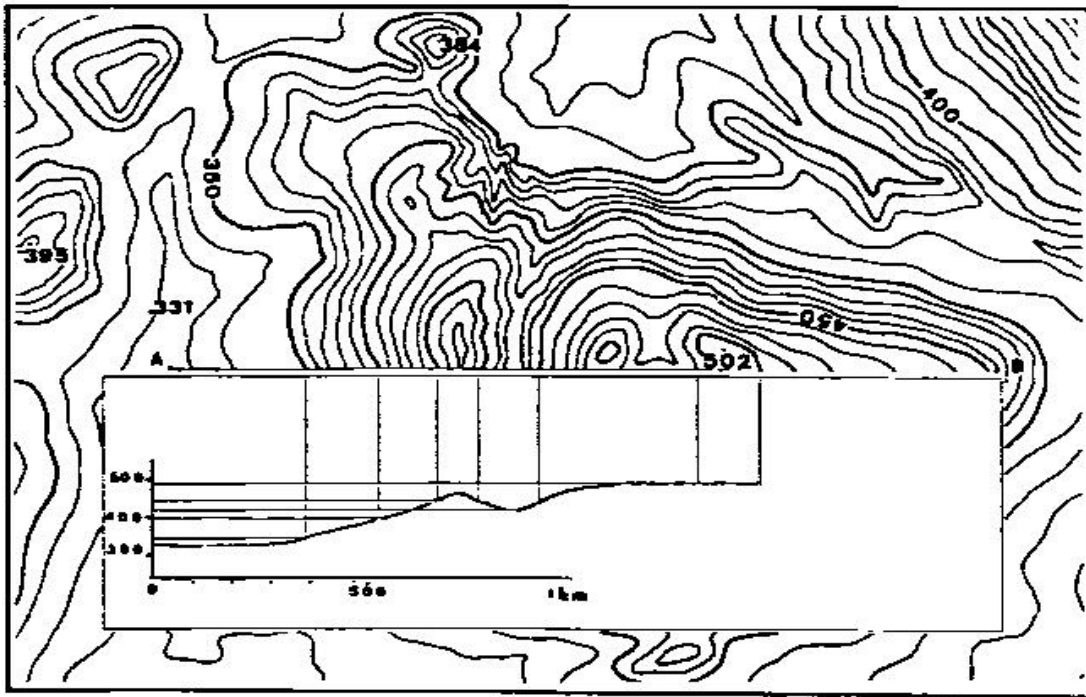


Figure 17 : Construction d'un profil topographique par report de points (Extrait de : FOUCAULT, A. et J. F. RAOULT. 1975. Coupes et cartes géologiques, 2^e éd. SEDES/Doin, Paris. p. 24).

La carte géologique renferme donc de manière géométriquement codée la représentation discontinue du relief. L'accès à cette information passe par la capacité minimale à replacer dans un plan perpendiculaire à la carte l'altitudes de points alignés (exercice de construction de profil). La maîtrise de cette information passe par la représentation mentale de l'espace codé.

2.2 L'espace souterrain : l'espace géologique

Le codage de l'espace souterrain est bien différent de celui du relief. On peut signaler toutefois des codages particuliers par courbes de niveau d'objets souterrains : courbes des isobathes du socle, ou du toit ou du plancher d'une couche particulière (couche imperméable pour son rôle dans la limitation des réservoirs d'eau ou d'huile), courbes d'isoprosfondeur d'une nappe d'eau. Ceci n'est possible cartographiquement, et pour des raisons de clarté de lecture entre autre, que pour une surface à la fois. Le reste du temps la carte ne code pas directement la disposition spatiale des objets géologiques. Elle permet, en revanche, de les inférer à partir de la trace de leur intersection avec la surface topographique.

Cette trace est dépendante de la topographie et de la disposition de l'objet géologique dans l'espace. Prenons le cas classique d'une couche ; elle est assimilée à un plan d'épaisseur constante. Sa disposition spatiale peut être décrite par son inclinaison par rapport au plan horizontal et par la direction de la ligne d'intersection de ces deux plans. On appelle **pendage** l'angle entre la ligne de plus grande pente d'une couche et le plan horizontal. La direction d'une couche est perpendiculaire à cette ligne. La trace laissée cartographiquement par l'intersection d'une couche et de la topographie rend compte du pendage de cette couche. Cette trace est donc un **descripteur de surface de la disposition spatiale** de la couche. Des mesures de pendages effectuées sur le terrain peuvent être indiquées également ponctuellement sur la carte : elles constituent des descripteurs directs de la disposition spatiale des couches. Le degré de signification de ces descripteurs diminue évidemment

lorsqu'on s'éloigne de la surface.

Une indication sur la carte d'une mesure de pendage n'est pas assujettie à la lecture préalable de la topographie ; c'est en cela que l'on peut parler de descripteur direct. Les traces d'intersection ne fournissent cette information que par lecture préalable de la topographie. Ce sont donc des descripteurs indirects. Dans un cas on lit, dans l'autre on déduit. Ces deux codages sont complémentaires, le premier est fondamentalement discontinu (ponctuel même) le second est continue, bien que significatif et décodable qu'à la faveur de topographies particulières sur lesquelles nous allons revenir.

La lecture du relief n'est donc pas en géologie une fin en soit, elle est un outil de production d'une information structurale cachée. Le codage direct et visible du relief code indirectement la disposition non visible des terrains. Concrètement, comment lit-on cette information ?

Un plan peut être caractérisé par les coordonnées spatiales (x, y, z) de trois points. Les coordonnées x et y sont ici les coordonnées géographiques du point, z indique l'altitude. De la lecture de l'altitude des points peut être déduit la disposition spatiale du plan auquel ils appartiennent.

Soit sur le bloc 1 de la figure 18, les points a, b et c. appartenant au même plan (toit ou plancher d'une couche). Les points b et c sont à la même altitude de 500 m et a à une altitude de 440 m. Le plan est donc incliné de BC vers A (ligne de plus grande pente). On peut calculer l'angle α caractérisant cette pente (valeur du pendage) :

soit h = différence d'altitude entre BC et A,

soit d = distance dans le plan de la carte entre la ligne passant par b et c et sa parallèle passant par a,

soit α = angle de la pente,

$\text{tg } \alpha = h/d = \text{différence d'altitude/distance parcourue.}$

En assimilant ainsi la surface d'une couche à un plan, on peut inférer géométriquement sa disposition spatiale par un raisonnement géométrique simple. On voit donc ainsi comment le codage du relief permet de produire une information sur la disposition en profondeur des couches qui affleurent. C'est généralement, croquis à l'appui, le raisonnement exposé aux étudiants débutants de cartographie. Dans les cas pratiques de lecture on recherche la trace laissée par l'intersection d'une coupe avec une surface topographique présentant une dénivellation significative. Concrètement on recherche une butte ou une vallée car ces reliefs offrent des exemples bien caractéristiques en terme d'allures des intersections.

La figure 18, classique de l'enseignement universitaire de cartographie, présente 5 situations d'intersection entre une vallée et une couche (5 cas relativement simples puisque les vallées sont prises perpendiculaires à la direction des couches). On peut bien sûr appliquer le raisonnement simple exposé précédemment à chacun de ces cas pour déterminer l'allure de la couche (assimilée à un plan). Le décodage pratique peut se faire également de manière plus approximative, en déterminant seulement l'allure du pendage.

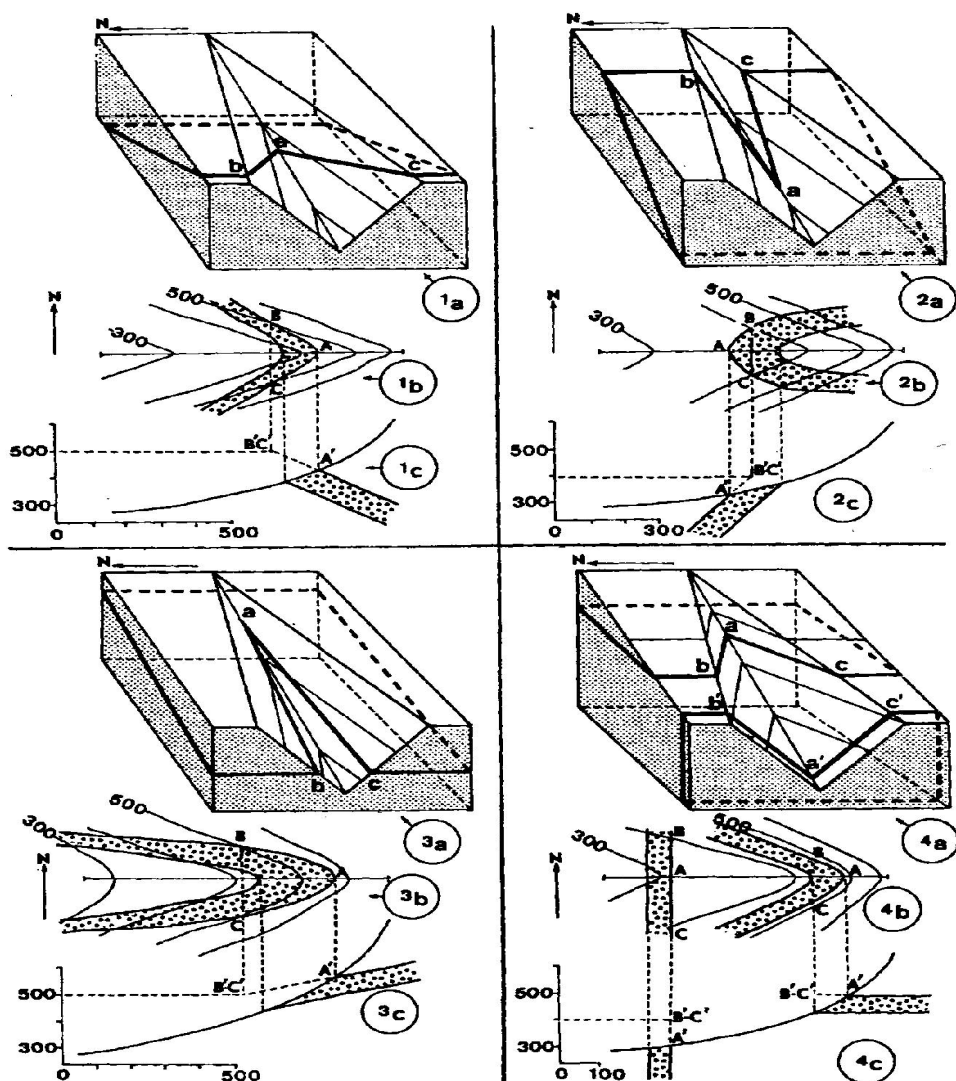


Figure 18 : Pendages des couches et V de vallée (Extrait de : FOUCAULT, A. et RAOULT, J.-F. 1975. Coupes et cartes géologiques. 2^e éd. SEDES/DOIN, Paris. p. 65.)

On constate dans 4 des cas que le trait d'intersection présente un tracé en forme de "V".

En 1, le V a sa pointe dirigée vers le haut de la vallée et il est plus "ouvert" que le V des courbes de niveau. Le pendage est de sens inverse à la vallée.

En 2, la pointe du V est dirigée vers le bas de la vallée et le V est plus fermé que le V des courbes de niveau. Le pendage est dans le sens de la vallée.

En 3, la pointe du V est dirigée vers le haut de la vallée et le V est plus fermé. Le pendage est dans le sens de la vallée, mais de pente inférieure à celle de la vallée. Ce dernier cas est fréquemment source d'erreurs en cartographie.

En 4, le V est parallèle (semblable) aux courbes de niveau. La couche est horizontale.

En 5, la trace est une ligne droite ; les 3 points sont alignés mais pas à la même altitude. La couche est verticale.

De ces constats, l'initié retire une règle qu'il applique à la lecture de la carte en court-circuitant le raisonnement par les trois points. La technique de lecture a changé. Tout se passe

comme si on lisait directement un codage graphique fait de 5 types de signes. On dit "lire" les V dans les vallées. Ce décodage passe alors par la mise en relation consciente de "signes" observés sur la carte avec une légende : la règle constatée. Le lecteur entraîné ne passe même plus par cette phase d'application d'énonciations, il se représente mentalement le relief et la trace de l'intersection et en déduit visuellement l'allure du pendage. On retrouve dans la lecture de l'espace géologique le processus mental de représentation de l'espace. Le lecteur entraîné a d'ailleurs bien souvent oublié les constats précédents, d'où peut être l'une des difficultés à enseigner une lecture renfermant un obstacle majeur, quand cet obstacle n'existe pas chez l'enseignant. L'identification des obstacles et des processus de contournement et de réduction sont indispensables à la mise en oeuvre d'apprentissages opérationnels.

Nous avons donc affaire ici à un décodage d'initiés. Pour le novice, le codage n'existe pas car la légende ne l'indique pas. Le novice lit la carte par points, il détermine éventuellement la disposition d'une couche à l'aide d'une indication ponctuelle de mesure de pendage. L'initié recrée des surfaces et des volumes aériens et souterrains.

La dimension spatiale de la carte géologique est donc particulièrement complexe. La production de l'espace aérien passe par le décodage du relief (en courbes de niveau). Celle de l'espace souterrain ne peut venir qu'après et s'appuie d'abord sur la reconstruction (géométrique ou mentale) de la disposition spatiale d'un objet à partir de la trace laissée par son intersection avec la surface topographique.

Comme nous l'avons précisé, les couches sont assimilées à des plans d'épaisseur constante. Prenons le cas simple des roches sédimentaires. Elles correspondent au dépôt dans un bassin de sédiments détritiques, évaporitiques ou carbonatés, c'est à dire à des alimentations différentes. L'épaisseur des dépôts en un lieu donné varie en fonction de plusieurs critères dont la position géographique du point dans le bassin, la nature et la vitesse de sédimentation, l'évolution tectonosédimentaire du bassin. L'épaisseur d'un même faciès varie géographiquement et l'allure géométrique d'une formation n'est pas un plan d'épaisseur constante. Ces observations de terrain ne pouvant être cartographiées pour des problèmes d'échelle et de surcharges d'informations qui rendraient illisibles la carte, les variations observées sont rapportées à une couche idéale, d'épaisseur constante. Ce processus de modélisation est nécessaire à la représentation et à la manipulation des objets géologiques à cartographier. L'espace codé dans la carte est un **espace au préalable modélisé**.

La disposition des roches est le résultat de leur formation et de leurs déformations. Les processus sédimentaires, commandés par la gravité, sont à l'origine de dépôts assimilables à des plans horizontaux. Une inclinaison actuelle de ces roches sédimentaires traduit l'existence de déformations, postérieurement à leur dépôt. Il y a donc au moins deux événements codés dans la carte : l'événement sédimentaire et l'événement tectonique (la déformation). La disposition des couches rend compte d'une chronologie. L'espace informe sur le temps. Chaque événement peut être exprimé relativement à un autre (le précédent ou le suivant). La lecture de la disposition spatiale des terrains traduit l'histoire des terrains. Elle est à la base d'une chronologie relative des événements.

3. La dimension interprétative

"Par sa nature même toute carte géologique impose une démarche réductrice et donc sélective. On ne peut pas en effet représenter sur une feuille de papier le contenu en vraie grandeur de ce que contient un terrain de dimension 50 000 fois supérieur. La conception même de la carte impose un processus mental d'élagage et de regroupement synthétique des données, où intervient un concept organisateur dominant" (F. Ellenberger)²⁴⁴.

²⁴⁴ Cité par J. Mercier, en avant-propos des Notes d'orientation pour l'établissement de la carte géologique de France à 1/50 000. 1997. Orléans : BRGM, 255 p.

La carte géologique est un document inscrit dans le temps, inscrit dans l'état des connaissances géologiques du moment. Chaque réédition s'accompagne de corrections de tracés, de cartographies d'informations nouvelles, voire de modifications d'affectation temporelle de terrains ou d'ajouts ou de suppressions d'éléments tectoniques.

La carte géologique est une interprétation du terrain accessible à l'observateur.

3.1 Interpréter

Le verbe interpréter, et son substantif, sont trop couramment employés dans le parler courant, l'enseignement et la recherche pour faire l'économie d'une revue des sens et usages qui lui sont rapportés. Le sens crée l'usage et l'usage modifie le sens. C'est bien souvent la polysémie d'un terme qui finit par l'exclure du vocabulaire scientifique où la clarté recherchée du discours fait la chasse aux ambiguïtés. Interpréter et interprétation sont de ceux là.

Interpréter c'est traduire. C'est aussi bien traduire un texte ou un discours d'une langue dans une autre, que traduire en notions, en concepts, une observation, un phénomène, une donnée. Traduire n'est pas réductible au remplacement d'un terme dans un code de langage, par le terme équivalent d'un autre code de langage. Le sens prime et il est autant lié à l'organisation des mots, aux relations entre eux, qu'aux mots eux-mêmes. La traduction peut nécessiter des explications : l'objectif est de rendre compréhensible ce qui ne l'est pas par lui-même. Cette traduction peut être destinée aussi bien à autrui qu'à soi-même. Un document, un discours, une observation peuvent ne pas être directement compréhensibles parce que complexes, denses ou ambigus. Ce qui est complexe, dense nous disait Descartes, doit être fragmenté pour être traité. L'interprétation intègre cette démarche. Ce qui est ambigu peut être **commenté**, **expliqué**, c'est à dire relié à d'autres informations, rattaché à d'autres situations, ancré à un savoir antérieur. Interpréter un texte de loi, un arrêté, c'est en préciser le champ et les conditions d'application, c'est à dire le replacer dans un cadre connu.

Pour **rendre compréhensible**, pour **élucider**, il est nécessaire de réorganiser le discours ou le document. Des articulations cachées doivent être révélées, des éléments doivent être privilégiés. Il faut effectuer des choix. Face à un document complexe, interpréter consiste à indiquer les éléments pertinents en vue d'une exploitation donnée (interprétation photographique).

Interpréter c'est également **préciser le sens ou donner un sens** à ce qui n'en présente pas explicitement. Il s'agit alors de faire parler, de rendre parlant ce qui ne l'est pas. L'interprétation introduit des explications et des informations qui n'étaient pas dans le message d'origine. L'ambiguïté, l'hermétisme de ce qui est à interpréter peut faire dériver le verbe vers le sens de révéler : on interprète des rêves, des songes... Le sens ainsi donné peut s'éloigner du sens caché et interpréter devient alors déformer dans l'acceptation psychanalytique du verbe : interpréter consiste à attribuer une signification déformée ou erronée à un événement.

Cette idée de déformation associée à la transformation du message à traduire est beaucoup plus forte dans l'usage quotidien du verbe interpréter, qu'elle n'y paraît. "Il a tendance à interpréter un peu trop ce qu'on lui dit" ; "Ceci est ton interprétation, et non ce que j'ai dit" ; "C'est ton interprétation toute personnelle de l'événement". Dans ces usages interpréter prend le sens de modifier par intégration d'une dimension personnelle de la traduction. Le processus de transformation opère dans un référent plus ou moins partagé, plus ou moins identifiable et identifié. Le verbe, comme le substantif, ne précise pas cette dimension, ce cadre dans lequel s'effectue la transformation qui rend compréhensible ce qui ne l'était pas. Cette ambiguïté cherche à être levée en accolant les qualificatifs de personnelle, commune, générale, gratuite, scientifique...

Interpréter est un processus complexe dont seuls les référents définissent la valeur.

La dimension personnelle se retrouve fondamentalement dans le domaine artistique où

interpréter prend le sens de traduire personnellement la pensée, les intentions d'un auteur avec son savoir, son savoir-faire, ses sentiments, ses émotions. C'est exprimer sa compréhension personnelle, sa perception, son appropriation d'un texte, d'une partition, d'une chorégraphie.

Parler à ce stade de notre étude d'interprétation, c'est mettre le doigt sur une dimension essentielle du savoir scientifique, passée sous silence dans l'enseignement. Les sciences cherchent à comprendre les phénomènes de la nature, elles cherchent à élucider les mécanismes, elles cherchent à traduire son organisation et son fonctionnement en principes, en lois, en équations, elles cherchent à donner un sens à ce qui n'en présente pas explicitement. Elles cherchent à interpréter la nature.

En quoi cette interprétation se démarque-t-elle d'une interprétation personnelle, ou confessionnelle de la nature ? Elle s'en démarque par son référent. Cette interprétation n'est pas dépendante de mon seul vécu personnel ; elle n'est pas liée à ma perception propre du monde. Elle ne se réfère pas à un texte ou à des préceptes révélateurs. Elle s'appuie sur la constitution d'un savoir partagé soumis en permanence à une démarche d'invalidation. Elle obéit à des règles énoncées. Elle s'appuie sur une démarche et des étapes identifiées. Elle expose ses mécanismes et argumente ses choix.

Produire une carte c'est produire une interprétation scientifique de la géologie d'une zone. Lire une carte c'est l'interpréter. Notre objectif est de préciser les caractéristiques de cette interprétation, passées sous silence dans l'enseignement de la carte. Cette démarche participe d'une réflexion épistémologique plus large sur les conditions d'apprentissage des savoirs scientifiques et de leur constitution. Est-il pertinent d'enseigner des sciences sans prendre en compte les conditions de leur constitution ? Cette étude de la dimension interprétative de la carte est une contribution à la recherche d'une réponse sur ce sujet.

3.2 L'interprétation dans la carte géologique.

Distinguons deux aspects de la carte : sa réalisation et sa lecture. Réaliser une carte nécessite de recueillir des informations, de les traiter, puis de les organiser pour proposer sous forme synthétique une interprétation de la géologie de l'espace carté. Lire une carte c'est non seulement en extraire des informations que l'on y a placées, mais également en produire de nouvelles par interpolation.

3.2.1 La construction de la carte

Le lever

La réalisation d'une carte géologique part du lever de terrain. Le géologue va reporter sur une carte topographique (référentiel spatial), toutes les observations qu'il peut faire des affleurements du sous-sol. Pratiquement, il porte sur cette carte la localisation²⁴⁵ des affleurements et précise dans son

²⁴⁵ Le pointage des affleurements sur la carte nécessite un positionnement spatial préalable. La localisation se fait à partir des repères toponymiques de la carte topographique et de repères de terrains plus ou moins pérennes (carrières, mares, fossé, habitation isolée). Cette localisation est rarement plus précise qu'à quelques mètres près. Rappelons que sur une carte topographique la généralisation (remise en forme liée à la diminution d'échelle entre les levés et les cartes publiées) conduit à un choix des informations à cartographier, avec perte de certaines informations et hypertrophie d'autres. Les routes et sentiers par exemple ne peuvent être représentés en conservant l'échelle : ils sont soit ignorés (non représentés) soit hypertrophiés. Sur une carte au 1/ 50 000, un sentier d'un mètre de large n'aurait que 1/50 mm de large, s'il est représenté c'est par un trait d'au moins 0,2 mm soit une multiplication par un facteur 10.

carnet ses observations et éventuelles mesures. Le pointage se fait par codage. Chaque point est reporté par une tache de couleur choisie arbitrairement par le géologue pour désigner une formation ou un terrain particulier. La couleur permet de coder cette information sans recours à l'écriture, c'est à dire sans empiéter sur l'espace de la carte dédié à l'espace géographique. Ces points sont en fait généralement accompagnés d'un numéro qui renvoie à des notes écrites plus détaillées, prises à part dans un carnet. Parfois, les notes se réduisent à indiquer la nature de l'affleurement (talus de fossé, « pierres volantes » au milieu d'un champ, front de carrière), d'autres fois, elles comportent des croquis de la disposition relative des roches ou d'éléments tectoniques, une description lithographique, voire paléontologique, des mesures de direction de couches, de failles, des pendages... Les points n'ont pas tous la même valeur informationnelle. En région à couverture végétale continue et sols évolués, le sous-sol est peu visible et souvent très altéré : les éléments de description se réduisent. La densité et la qualité des affleurements réduisent d'autant la collecte d'informations. La carte d'affleurement (ou minute) obtenue peut alors être très fragmentaire.

Le lever résulte des observations. Nous parlons suffisamment d'observations dans nos sciences et dans le langage commun pour qu'il soit sage de rappeler ses caractéristiques. Observer c'est abstraire, c'est à dire dégager certaines propriétés des objets observés et en ignorer d'autres. Les propriétés retenues sont celles qui se révéleront plus tard utiles à l'organisation des faits et de leur compréhension. Tout observer n'a aucun sens. L'observation se distingue de la perception par son aspect plus conscient, plus volontaire, elle met en oeuvre l'attention et le psychisme, soit pour élargir la perception, soit au contraire pour la focaliser sur certains aspects.

Pour le sens commun, la perception est un phénomène naturel, spontané, généré par les messages des sens. Elle nous donne une connaissance immédiate de la réalité. Le sens que nous percevons est fourni de manière intuitive et synthétique, sans effort semble-t-il. "La perception est d'emblée parfaite ; nous reconnaissons d'évidence et nous nommons d'instinct"²⁴⁶. La réalité du monde s'impose en quelque sorte à l'individu, qui pourvu des sens adéquats se contente alors d'enregistrer des faits.

Ce sens commun ne tient pas. La perception est un acte dynamique et non un enregistrement passif. La perception invente et construit la réalité, au fur et à mesure qu'elle la découvre. Percevoir c'est se saisir de quelque chose, c'est recueillir, c'est aussi identifier. Percevoir met en jeu aussi bien la mémoire, l'intelligence, l'attention, que l'imagination ou la réceptivité émotive. La moindre perception est sous-tendue par une somme de savoirs préalables. Percevoir c'est donc aussi comprendre, parvenir à connaître. Pour percevoir il faut avoir saisi une signification.

Celui qui observe met en acte un projet d'extraction d'informations. Ce projet va guider, structurer son regard et reconstruire les faits (les observables). On ne peut pas parler de faits géologiques indépendamment des connaissances et préoccupations géologiques du moment. Le géologue qui observe un affleurement transforme celui-ci en données, c'est à dire en propriétés identifiées. L'observation de terrain et de laboratoire est directement dépendante de l'observateur en cela qu'elle est liée aux questions qu'il se pose. Le regard porté est un regard dirigé, les éléments de description d'une observation sont des réponses aux questions de l'observateur. Une observation ne renferme que des réponses à des questions posées. De nouveaux savoirs génèrent de nouvelles questions, entraînent de nouvelles observations. L'observation est liée au savoir, aux théories. L'observation est intrinsèquement interprétative, elle traduit les réponses à nos questions.

Il est ainsi totalement illusoire de croire qu'il suffit d'avoir des yeux pour observer. Comprenons-nous bien, on ne peut déplorer qu'un élève, un étudiant, ne sache pas observer (n'observe pas ce que l'on attend qu'il observe) s'il ne possède pas la connaissance nécessaire à cette observation. Gardons-nous donc d'attendre plus de celui qui apprend que ce qu'il a appris. Observer s'apprend, mais il n'y pas d'observation gratuite, sans questions. Apprendre à observer revient à apprendre à se poser des questions. Reste inobservé, ce qui reste sans question. Mettre quelque

²⁴⁶ KOHN, R. C. et NEGRE, P. 1991. Les voies de l'observation. Repères pour la pratique de recherche en sciences humaines. Paris : Nathan, p. 28.

chose sous les yeux d'un élève sans question préalable n'apprend pas à observer.

L'observation scientifique cherche à se démarquer de la perception commune, par la mesure de caractéristiques explicitement identifiées. Le géologue va noter les caractéristiques des terrains qu'il observe en fonction des descripteurs du moment. L'observation est directement dépendante des questions posées comme l'illustre bien l'évolution des connaissances sur le métamorphisme. A l'observation tout d'abord macroscopique et pétrographique des roches se sont ajoutées l'observation microscopique, les analyses chimiques, les descriptions texturales. L'étude au laboratoire a pris une part fondamentale dans la caractérisation de l'observation. On trouve de nouvelles informations, parce que l'on se pose de nouvelles questions. Du coup les observations anciennes deviennent obsolètes, il faut retourner observer le terrain.

La carte des affleurements représente les observations. Elle doit faire abstraction de toute interprétation supplémentaire. Accompagnée du carnet de terrain, elle doit constituer une base de données. La carte géologique qui est établie par l'auteur des levés à partir de ses documents est une interprétation de ses données. Le désir de séparer les observations de leur interprétation a conduit le Bureau de Recherche Géologique et Minière à penser la future carte géologique comme une base de données, interrogeable ponctuellement et utilisable à la demande pour réaliser automatiquement des cartes par interpolation des points observés. Cette informatisation se trouve confrontée aux deux étapes que nous avons distinguées : la collecte de données et leur transformation en carte.

Pour être exploitables et interpolables les données d'une base doivent être définies par une liste de descripteurs. Cette liste est déterminée par les questions que l'on se pose et pour assurer une durée de vie satisfaisante à la base doit même anticiper sur les questions qu'on se posera demain ! Rien que la liste des descripteurs actuellement souhaitables pour apporter une information (pétrographique, minéralogique, chimique, chronologique, tectonique... géographique) pertinente, exploitable, rend obsolète la plupart des levés anciens. Ces observations peuvent être qualitativement insuffisantes pour diverses raisons : localisations trop imprécises, descripteurs réduits, valeurs qualitatives et quantitatives des caractéristiques observées insuffisantes.

A l'aspect descriptif qualitatif s'ajoute le besoin de mesures quantitatives des caractéristiques. Ces mesures manquent très souvent. Cette quantification, chère aux géophysiciens et géochimistes pose un problème certain lorsque l'on tente de l'appliquer aux levés de terrains.

Cet aspect prend d'autant plus d'importance que l'on cherche à construire des logiciels capables de réaliser automatiquement des cartes à partir des levés ponctuels entrés dans la base. Pour relier des points entre eux et inférer leur continuité, donc produire le non vu, et ce avec le souhait d'en préciser le degré d'incertitude, il est nécessaire d'affecter à chaque point des valeurs, elles mêmes positionnées dans un intervalle de confiance. La difficulté majeure sur le terrain est de déterminer à quelle distance du point d'affleurement observé, les caractéristiques notées sont encore valides. Même lorsqu'une mesure est effectuée, telle une mesure de pendage, il est délicat d'en préciser mathématiquement l'incertitude dans les conditions pratiques du terrain. Le plan visible d'une couche n'est pas parfait, c'est un indicateur. Comment quantifier la valeur de cette indication, la représentativité du plan mesuré ?

Une des conditions d'acceptation d'un résultat par la communauté scientifique est sa reproductibilité. Un résultat expérimental doit être accompagné de la description des conditions expérimentales de manière à permettre une démarche d'invalidation par tentative de reproduction de l'expérience. Une démonstration mathématique est soumise également à une tentative d'invalidation logique de l'enchaînement des étapes et égalités. Un résultat d'observation doit être accompagné de la présentation des descripteurs, de leur mesure et des conditions d'observation. Cela n'est pas le cas en cartographie bien que reconnu comme souhaitable. A-t-on déjà réussi à obtenir deux minutes d'observations identiques levées par deux géologues différents ? Le problème ne se pose même pas. Une carte n'est levée de nouveau que lorsque des observations ponctuelles justifiées par d'autres travaux ont mis en évidence des erreurs de levés. Entre temps, les connaissances théoriques ont évolué et les conditions ne sont plus les mêmes. Quelle est la valeur scientifique d'une observation

non reproductible ?

Pour reproduire un lever, il faudrait une identification précise et explicite des descripteurs et les descriptions de tous les points d'observation. Ceci n'est pas. Notons également l'aspect temporaire de certains points (tranchées de travaux, trou de poteau téléphonique). L'observation d'une zone à cartographier n'est pas, pratiquement, réductible à l'observation d'un phénomène ou d'un objet en laboratoire.

La transformation de la minute en carte géologique

La densité des levés peut être très faible, la carte sera de toute manière une représentation continue du sous-sol. Dans le principe, la transformation consiste à relier entre eux les affleurements d'un même terrain pour reconstituer l'allure de l'intersection de ce niveau géologique avec la surface topographique. Les terrains sédimentaires sont assimilés à des couches, c'est à dire, sauf indications contraires, à des plans d'épaisseur constante. Nous avons là un premier niveau de modélisation des terrains : on ne peut inférer le non vu qu'en s'appuyant sur une modélisation de la disposition des terrains à partir des observations effectuées. La transformation est donc guidée à la fois par les observations et des savoirs théoriques.

Dans la pratique tous les points d'observation n'ont pas la même valeur. Certains ne renferment qu'une information lithologique ou stratigraphique, d'autres renseignent sur la disposition spatiale des terrains (mesures de directions, pendages). Le géologue va relier ces points en surface en reconstruisant mentalement l'allure des couches en profondeur. Son interprétation n'est pas libre (au sens mécanique) elle est contrainte par des principes d'ordre géométrique (intersection d'un plan avec un relief quelconque), stratigraphique (âge relatif des formations, continuité des couches, superposition), mécanique (résistance des terrains à la déformation). Ceci étant l'ensemble de ces contraintes est insuffisant à la production de la carte : il reste plusieurs possibilités de tracés.

Par manque d'informations le géologue est contraint à élaborer des hypothèses, à faire des choix qui ne lui sont pas imposés par les informations recueillies. Le géologue qui trace la carte se recrée mentalement l'espace géologique, dont il n'observe que quelques points. Le lecteur de la carte devra également se représenter cet espace, mais à partir d'une trace continue dans le plan, celle que construit le cartographe. Le principe de simplicité est toujours à appliquer : on recherche le tracé le plus simple permettant de réunir les affleurements selon le principe de continuité stratigraphique. Le principe de continuité peut également être remis en cause lorsque des arguments de terrain et un contexte théorique s'y opposent²⁴⁷. C'est le cas par exemple d'affleurements de terrains considérés comme des blocs remaniés, glissés dans une autre formation.

Les contraintes géométriques et géologiques peuvent amener à inférer des discontinuités (failles, couche en biseau) ou des discordances. La plupart des failles indiquées sur les cartes géologiques à couverture végétale importante sont des failles inférées et non des failles observées dans la roche. Elles traduisent la nécessité d'une rupture géométrique brutale pour expliquer la position observée d'affleurements. Elles constituent donc autant d'hypothèses destinées à donner un sens aux levés.

Lorsque les contraintes géométriques se réduisent, la trace des contours des terrains devient plus hypothétique. C'est le cas par exemple des contours d'un pluton. Bien sûr, s'il est possible de suivre le contact entre le pluton et l'encaissant, soit par vue directe, soit par constat d'une géomorphologie révélatrice d'une différence de roche (pluton en relief sous forme d'une butte ou en creux sous forme d'une cuvette), le tracé s'impose. Si cela n'est pas possible la modélisation

²⁴⁷ Au sud-est du Massif armoricain, dans le bassin tectonique d'Ancenis, des affleurements ponctuels de calcaires du Dévonien associés à des schistes grossiers du Carbonifère posaient un problème de cartographie. Fallait-il relier ces points, ou les considérer comme des blocs isolés stratigraphiquement. Les études d'affleurements montrent qu'ils sont inclus dans les terrains carbonifères. L'évolution de la modélisation géodynamique de la zone rend possible l'existence de blocs tectoniquement basculés dans un bassin (des olistolithes). Ces blocs en étant dès lors interprétés comme des olistolithes justifient leur cartographie ponctuelle en opposition au principe de continuité spatiale.

géométrique du pluton est trop variable pour imposer une contrainte de tracé. Des observations de terrains de signification moindre (pierres volantes, végétation, fertilité différente des sols...) peuvent alors être prises en compte comme indications, plus que comme contraintes. Le géologue est conduit à proposer un contours comme une solution possible qui sera revue si, par la suite (édition suivante), des informations nouvelles viennent orienter différemment le tracé.

L'interprétation consiste non seulement à déchiffrer l'organisation des terrains par référence à un savoir savant partagé (ensemble des principes et contraintes géologiques et géométriques), mais également à donner un sens parmi d'autres possibles à des informations dont la signification n'apparaît pas de manière évidente. La dimension personnelle de l'interprétation ne peut être exclue. Elle s'appuie alors sur des savoirs non partagés par la communauté, elle est orientée par des connaissances empiriques du terrain ou par des hypothèses de recherche. Ces hypothèses restent cachées au lecteur, qui n'a à sa disposition que le résultat, la carte.

Le projet de substitution à la carte géologique papier d'une banque de données géologiques interrogeable ponctuellement ou à l'aide de logiciels capables de tracer une carte directement à partir de ces données, laisse sceptique de nombreux géologues de terrain. Leur scepticisme porte essentiellement sur la conception de logiciels capables d'effectuer cette interprétation de données ponctuelles sous forme d'une carte. Les réalisations conduites ou en projet portent sur des espaces de petites dimensions avec une très forte densité d'observations détaillées et organisées sur le même modèle. Aux observations classiques de terrain s'ajoutent des mesures physiques et les classiques observations d'affleurements de surface sont remplacées par de véritables logs. Ces conditions sont si éloignées des conditions classiques de levers, que leur traitement n'est pas encore comparable à la complexité du traitement pratique actuel. Au delà c'est le problème de l'informatisation des choix et des évaluations de pertinence qui se pose, c'est celui de la transformation en algorithmes de la démarche d'élucidation et de son adaptabilité à des données souvent incomplètes.

3.2.2 La lecture de la carte

En géologie l'exercice de lecture de carte est encore désigné comme exercice d'interprétation de la carte. La carte renferme une telle quantité d'informations, par sa dimension spatiale continue, qu'il est impossible de les retranscrire par écrit ou par oral. Lire une carte consiste donc à en extraire sélectivement des informations en fonction des questions qu'on se pose. La carte est alors une base de données où l'on retrouve rangées spatialement les informations qu'on y a codées. On y trouve également des informations nouvelles qui résultent de la mise en relation spatiale des informations issues de l'observation. La carte produit de l'information. Elle a une dimension prospective. Il y a interaction entre la carte et la recherche.

Cette richesse informative, cette complexité, ne peut être appréhendée globalement. Il faut la lire suivant un fil conducteur : chronologie des terrains, répartition d'un type de terrain, disposition des couches selon un transect, disposition des couches en un point, indications structurales...

Pour cela la lecture passe généralement par la production de documents intermédiaires, qui sélectionnent des informations pour répondre à une question. La disposition des terrains en profondeur peut être étudiée entre deux points : on construit une coupe géologique en extrayant de la carte toutes les informations permettant de reconstituer la disposition des terrains dans le plan de la coupe. Les indicateurs structuraux de la carte, les informations apportées par les coupes, la chronologie des événements peuvent être rassemblés sous forme d'une carte structurale qui par essence expose spatialement l'organisation événementielle de la carte géologique. Ces documents sont une expression de la lecture spécifique. Ils rendent compte des informations contenues dans la carte, organisées, hiérarchisées de manière à produire un discours explicite sur la carte. La lecture est en cela une interprétation.

Les terrains sédimentaires se déposent, les roches magmatiques les intrudent, les recouvrent,

les métamorphisent ; les roches sont déformées, soumises à des variations de pression et de température, elles sont métamorphosées, plissées, fracturées, érodées. Cette histoire des roches et des terrains est inscrite dans leur disposition spatiale actuelle. La lecture consiste donc à lire cet espace.

Réaliser une coupe c'est produire la disposition des terrains dans un plan vertical passant par deux points choisis de la carte. La trace de l'intersection de ce plan et de la topographie constitue le profil topographique. Sa construction consiste, comme nous l'avons déjà précisé, à reporter dans un diagramme selon son altitude chaque point d'intersection d'une courbe de niveau et du trait de coupe. Cet ensemble de points est ensuite relié par un trait matérialisant la trace de l'intersection. L'allure du tracé entre deux points d'intersection n'est pas précisée, puisque le relief est représenté de manière discontinue (superposition de plans). Elle est inférée selon un principe de simplicité. Sauf arguments topographiques contraires et de proximité, la pente est supposée uniforme. Il ne s'agit pas d'une fonction mathématique : les points compris entre les points d'intersection ne sont pas déductibles. Il s'agit donc bien d'un axiome, celui de la moindre complexité, c'est à dire, une pente constante.

Des arguments topographiques non codés peuvent également intervenir pour modifier le tracé pour traduire une information supplémentaire. Soit un fond de vallée limité de part et d'autre par deux courbes de niveau de même altitude et une coupe perpendiculaire à cette vallée. Le profil va présenter deux points de même altitude, qu'il faudra relier. On peut, si on se limite à l'hypothèse du tracé le plus simple géométriquement, relier ces deux points par un trait horizontal. Seulement, si on confronte cette hypothèse à l'observation topographique fine du terrain, on s'aperçoit que bien des tracés sont possibles entre les limites altitudinales des deux plans (courbes de niveau) qui encadrent ces deux points. Entre les deux points, la pente n'est généralement ni nulle, ni constante. Tout autre tracé pourtant que cette pente nulle est aussi hypothétique. Il s'agit donc bien d'un principe de simplicité qui fait choisir l'hypothèse la plus simple. Dans le cas précis de ce fond de vallée, si une rivière y coule encore, elle aura entaillée, ne serait ce que de quelques mètres, le plan horizontal idéal. Dans ce cas, l'indication de la présence d'une rivière va justifier une correction de l'hypothèse de la trace horizontale, ou plutôt l'ajout d'une "encoche" pour marquer le lit de la rivière.

Il ne s'agit pas d'une règle, mais d'un choix de celui qui trace le profil : choix d'exprimer une information qui à l'échelle de la carte n'est pas codée. Le choix est certes partagé par nombre de lecteurs, mais l'appréciation personnelle est fondamentale, un ruisseau ne sera pas marqué, une rivière le sera éventuellement, un fleuve la plupart du temps. La profondeur du lit de ces cours d'eau n'est pourtant pas codée. Tracer un profil nécessite de faire des choix ; ils sont orientés par l'objectif poursuivi et donc pragmatiquement partagés par les lecteurs. Ils intègrent avec une certaine liberté des interprétations personnelles, à condition que celles-ci ne soient pas en contradiction avec les éléments imposés par la carte et les savoirs empiriques.

Le profil n'est que le support de la coupe géologique. La trace en profondeur des terrains visibles à l'affleurement (sur la carte !) est inférée de la trace laissée dans le plan de la carte par l'intersection de ces terrains et de la surface topographique. Nous avons déjà insisté sur la particularité du codage spatial de l'espace souterrain. Intéressons nous seulement maintenant à la démarche qui permet de produire un plan de cet espace.

Une indication cartographique de mesure de pendage est fondamentalement ponctuelle. Elle correspond à une (ou plusieurs) mesure(s) effectuée(s) sur le terrain. Cette mesure ne présente pas d'indication sur le volume de l'espace dans lequel elle reste significative. Ainsi le lecteur peut être amené à poser l'hypothèse qu'une mesure de pendage à une distance x de son trait de coupe est significative au niveau de ce trait. Une fois posée cette hypothèse, la mesure devient une contrainte au tracé. Cette hypothèse va déterminer le pendage de la couche au point de la coupe sous réserve que celui-ci ne soit pas en contradiction géométrique avec d'autres arguments semblables. Lorsque l'on dispose à proximité du trait de coupe d'un grand nombre d'indications de pendages, le degré spatial de signification d'une mesure est en quelque sorte déterminé, limité, par la mesure voisine.

Chaque mesure génère dès lors une contrainte de tracé. L'augmentation du nombre des mesures, augmente le nombre des contraintes et réduit les possibilités de tracé sans pour autant imposer une trace unique. En dernier recours, et en absence d'informations supplémentaires sur l'allure générale des terrains observée à la faveur de coupes naturelles ou de carrières, on applique à nouveau l'hypothèse du tracé le plus simple dans la limite des contraintes.

Fondamentalement la construction de l'allure des couches en profondeur, se fait par identification des contraintes géométriques codées dans la carte. Nous avons pris l'exemple des indications cartographiques de mesures de pendage, nous aurions pu prendre également les indications de pendage obtenues par lecture spatiale des traces d'intersection des terrains et de la topographie. Ces indications codées de manière continue, ne sont lues (et lisibles) que ponctuellement, là où la topographie est marquée et la disposition spatiale relative des terrains et du relief est suffisamment simple. Concrètement on recherche des V de vallée ; avec un peu d'expérience on peut s'éloigner des cas simples où les vallées sont perpendiculaires à la direction des couches, mais plus on s'en éloigne plus la qualité de l'information se réduit. Mathématiquement l'information pourrait être extraite même dans des situations très complexes ; pratiquement cela n'en vaut pas la peine.

Qu'il s'agisse d'indications de mesures de pendage ou de pendages déduits de l'allure des couches dans le plan, la probabilité de leur signification diminue avec la profondeur. L'information sur laquelle on s'appuie est au sens propre superficielle : plus on s'éloigne de la surface plus l'inférence est hypothétique.

Le tracé des couches en profondeur s'appuie également sur l'hypothèse de couches assimilées à des plans d'épaisseur constante. Cette hypothèse qui guidait la construction de la carte, guide bien sûr sa lecture. Le cas des couches en biseau est déduit des observations et de l'invalidation géométrique de l'hypothèse. Les variations constatées de l'épaisseur des couches, en première approximation, sont gommées par l'échelle de représentation cartographique des terrains. Les contraintes géométriques au tracé des couches peuvent secondairement entraîner un non respect de ce principe d'épaisseur constante. Précisons ce dernier point.

L'allure des couches en profondeur est déterminée par les contraintes de pendage à l'affleurement et l'hypothèse de l'épaisseur constante des couches. La modélisation structurale consiste à prendre les terrains comme un empilement de couches solidaires (quand aucune information n'indique de dissociation de l'histoire tectonique d'un ensemble). Dès lors, la déformation est posée comme homogène dans cet ensemble. Une fois de plus on postule une simplicité maximale, que l'on corrigera en fonction des contraintes. La disposition inférée en profondeur des couches qui affleurent est alors généralisée à l'ensemble. Cette approximation peut se révéler incompatible avec des informations de surface (réponses différentes de terrains à la déformation : bourrage et lamination²⁴⁸ de certaines couches, plissements plus ou moins aisés...). Le tracé se construit par prise en compte progressive des informations codées dans la carte, mais également de connaissances extérieures à la feuille étudiée, connaissances plus générales sur la tectonique des terrains.

Le schéma structural est une représentation cartographique de la structuration des terrains et des événements qui en sont à l'origine. Il indique les axes des plis (déformation ductile), la trace des fracturations, chevauchements et fronts de charriage (déformation cassante) dans un référentiel géographique. Ces structures résultent de forces de compression ou d'extension : les directions deviennent cartographiquement plus explicites. Le schéma met en avant les discordances, les discontinuités, en réunissant sous le même figuré les ensembles de terrains présentant la même histoire sédimentaire. La construction du schéma consiste à extraire sélectivement les informations tectoniques et informations témoignant événements distincts : sédimentation, plissement, érosion,

²⁴⁸ La compression d'une couche très compétente (très déformable) prise entre deux couches très incompétentes peut entraîner une migration de ce matériel compétent. Si on plisse l'ensemble par exemple, la couche va s'amincir (se laminer) dans les zones où la compression est la plus forte, et s'épaissir (se boudiner) dans les zones où la compression est la plus faible voire est remplacée par une traction.

fracturation, mise en place d'un granite, chevauchement...

Les informations sont regroupées, organisées pour tenir un discours cohérent et explicite (mais toujours graphique) sur l'histoire géologique de la feuille. C'est encore une fois un processus d'interprétation. La complexité de la carte masque par les détails de ses informations les grandes lignes et unités que révèle le schéma. Sa construction nécessite d'effectuer des choix, de réduire l'information pour la rendre plus claire. Les structures géologiques sont abstraites, modélisées, codées pour être lues plus rapidement.

Les coupes géologiques, le schéma structural, la colonne stratigraphique synthétique sont des documents issus de la lecture de la carte et produits pour en exprimer plus clairement, plus explicitement certaines des informations difficilement accessibles. Ces documents dérivés de la carte par interprétation lui sont de plus en plus souvent adjoints. Une feuille appartient à une unité géologique de taille supérieure et sa structuration est un élément d'un ensemble. La compréhension de l'histoire géologique d'une unité s'appuie sur la mise en relation des caractéristiques pétrographiques et tectoniques d'unités semblables d'âges variables. L'application du principe d'actualisme (les mêmes effets résultent des mêmes causes) conduit alors à replacer ces unités dans un contexte géodynamique global où l'on passe de l'étude descriptive à la proposition de reconstitution génétiques. Les cartes concourent à construire un modèle par abstraction organisée de leurs informations. Réciproquement ce modèle nourrit le processus d'explication, de commentaire, d'abstraction, d'élucidation des phénomènes générateurs des effets observés sur les cartes. La modélisation globale constitue le paradigme dans lequel est conduite la lecture de la carte.

La lecture de la carte est donc fondamentalement interprétative, cette interprétation s'appuie sur des règles et principes géométriques et géologiques partagés, et sur les théories et modélisations du moment. La constitution de la théorie synthétique de la tectonique des plaques est un changement de paradigme : il a modifié la construction et la lecture des cartes.

L'apprentissage des dimensions : espace, temps et interprétation

1. L'espace

1.1 Constat

La carte géologique est objet de savoir et objet d'apprentissage universitaire. L'enseignement de cartographie, classiquement débuté en DEUG, met systématiquement en évidence des difficultés de représentation spatiale :

- pour passer d'un objet à sa représentation en trois dimensions,
- pour passer d'une représentation en trois dimensions à sa projection dans le plan,
- pour inférer un objet en trois dimensions à partir d'une représentation en deux dimensions,
- pour décrire les modifications d'allure de l'objet lorsque l'on modifie l'angle d'observation.

Ces difficultés sont causes de rejets et d'abandons. La réalisation d'une expérimentation en 1^{re} S d'un enseignement de cartographie, tel qu'il était prévu en 1^{re} D, a mis en évidence²⁴⁹ les mêmes difficultés à "voir dans l'espace". L'absence de bilan établi lors de la suppression de cet enseignement en 1982, ne permet pas de préciser le constat de cette époque.

A la sortie du lycée, la capacité à se représenter mentalement un espace et un objet dans cet espace, à en modifier l'angle de vision, reste bien réduite et constitue un handicap pour certains. Cette représentation spatiale est une condition nécessaire à la compréhension de la géologie à la construction de représentations pertinentes et opérationnelles. L'étude de la Terre est fondamentalement une étude en trois dimensions (les mécanismes et les objets occupent des volumes), mais sa traduction en documents papiers est en deux dimensions. Le support papier des enregistrements, des descriptions analogiques ou synthétiques, des interprétations est un support plan. Mais, il n'y a pas que le document qui soit plan, le terrain observé est lui-même le plus souvent qu'une vision ponctuelle en plan : plan de falaise, front de taille, plan de talus, surface du sol. Le géologue doit sans cesse passer du plan au volume et inversement. La compréhension aussi bien de la structure des terrains que de leur histoire (l'établissement de chronologies relatives s'appuie sur la disposition spatiale) passe par la représentation en volume.

L'enseignement de la tectonique des plaques en classes de 4^e et de 1^{re} S est par définition un enseignement sur des volumes géologiques (au demeurant hors échelle pour l'élève). Le handicap spatial mis en évidence en DEUG ne pouvait qu'être un obstacle à la construction de savoirs géologiques dans ces classes.

Nous n'avons pas cherché à préciser les caractéristiques et les conséquences scolaires et générales de ce handicap à la représentation spatiale. De nombreux travaux, tant en psychologie, qu'en didactique ont été et sont menés sur ces problèmes. Nous avons limité notre constat et notre

²⁴⁹ Dans le cadre de cette recherche, des expérimentations de travaux de cartographie géologique ont été conduites dans plusieurs classes de 1^{re} S. L'un de ces apprentissages consistait, en s'appuyant sur des documents empruntés pour partie aux livres scolaires des classes de 1^{re} D des années 1966 à 1981, à proposer une lecture des cartes topographiques et géologiques, ainsi que la construction de deux coupes géologiques. Il s'agissait, en reprenant pour partie le programme officiel de 1966 d'expérimenter à nouveau cet enseignement pour en déterminer les difficultés et pertinences.

réflexion à l'importance de la représentation spatiale dans l'enseignement de la géologie. Cet enseignement s'inscrivant dans un cursus scolaire, il convient toutefois de jeter un oeil sur l'influence des autres disciplines sur cet aspect.

Plusieurs disciplines des collèges et lycées sont susceptibles de proposer une approche de représentations de l'espace :

- Les mathématiques, avec la géométrie spatiale, qui pose les bases de la description d'un espace et d'un objet relativement à cet espace (notions de repère, de dimension, d'axe, de plan, de projection...);

- La géographie physique, qui décrit l'espace terrestre et le représente en plan (notions de projection, déformation, repère géographique, altitude d'un point, échelle, distances...);

- La technologie, avec l'introduction du dessin technique (notions de perspective cavalière, de cotes, d'angle, d'axe, de plan, d'orientation spatiale...);

- Les arts plastiques, avec la représentation d'objets en volume ou en plan (notions de lignes de fuite, d'angle, de plans de l'espace, de perspective, de proportion, de déformation...);

- Les sciences de la Vie et de la Terre avec le dessin d'observation et la carte géologique.

D'une manière générale tous ces enseignements ont été réduits, voire supprimés du cursus de l'élève. La pratique scolaire de l'espace, son apprentissage ont reculé ces 30 dernières années. Il en reste bien peu de choses.

Ces dernières années en revanche, le développement de l'informatique, la croissance vertigineuse des possibilités de calculs des ordinateurs grand public (microinformatique et ordinateur familial) ont généralisé les animations, modélisations et représentations "en trois dimensions" d'objets très divers. La palette des logiciels proposant des représentations spatiales est très large, qu'il s'agisse de jeux de rôle, de présentations muséographiques ou de modélisations d'objets pour la recherche. L'ordinateur est un outil fabuleux pour recréer sur un écran (un plan) l'illusion du volume. L'utilisateur peut faire "tourner" un objet pour l'observer sous divers angles, il peut se "déplacer" dans un volume recréé à l'écran, il peut parfois "couper" cet objet pour en observer l'intérieur.

Les possibilités de représentation de l'espace par des moyens informatiques ont grandement évolué ces dix dernières années et sont devenus accessibles à un très large public. Nombre de nos élèves et étudiants sont des familiers de ces espaces à l'écran.

1.2 Pistes de réflexion

Notre bilan sur l'enseignement de la carte géologique nous a montré qu'elle a essentiellement servi à des exercices de localisation géographique de lieux d'études géologiques, à la construction de cartes thématiques par lecture extractive de données et à l'établissement de chronologie relative sur cartes, mais surtout sur coupes. Elle a fait l'objet d'une initiation limitée à la construction d'un profil topographique et d'une coupe géologique. Elle a enfin, mais dans une moindre mesure donné lieu à la réalisation de levés de terrains en vue de construire une carte géologique locale simplifiée.

Lorsque l'on étudie dans le détail ces exercices, on constate qu'il s'agissait essentiellement de travaux en plan. La plupart des cartes simplifiées utilisées étaient dépourvues de repères d'altitude. Les localisations géographiques se font sur un plan horizontal, les lectures de chronologie relative également.

Ces lectures se sont appuyées soit sur des cartes sans altitudes, soit sur des coupes. Dans le premier cas, on utilisait le principe de recoupement dans le plan, ou le constat d'une transformation métamorphique, l'auréole. Dans le second cas, on lisait des superpositions et recoupements dans le plan vertical. Les deux plans étaient dissociés et la coupe était préférée pour ce type d'exercice. Le retour en classe de TS (1994) d'un travail de chronologie relative en enseignement de spécialité SVT, s'appuie surtout sur des coupes (exemple du Canyon du Colorado). La coupe n'étant pas à produire, cette approche se dispense de la représentation en volume des terrains. Le passage carte/coupe (qui se fait par le volume) s'il n'est pas réalisé concrètement, n'est peut-être pas non plus produit mentalement. Les deux plans, sont alors deux représentations sans liens.

Peut-on réellement se dispenser de cette reconstitution spatiale de la disposition des terrains ? Les erreurs dans les réponses obtenues (chronologies proposées) ne sont-elles pas liées à l'absence de représentation mentale opérante des terrains ? La substitution à l'opération de construction, d'un bloc diagramme géologique exposant donc à la fois, le plan de la carte et le plan de la coupe suffit-elle pour construire une représentation mentale du volume géologique ?

1.2.1 L'illusion de l'opérationnalité...

Lorsque des exercices de réalisation de coupes géologiques ont été proposés, le souci de ne pas en faire une finalité en soi a souvent conduit à une schématisation des processus de construction. La coupe réalisée en terrain tabulaire peut même se résumer à la simple construction d'un profil topographique sur lequel on relie "à la règle" les limites de terrains après leur report. Est-il besoin de se représenter mentalement la disposition de ces terrains pour obtenir le résultat attendu ? Non.

Reprenons les étapes de la construction pour s'en convaincre. Le profil topographique, tel qu'il est réalisé, consiste à reporter dans un diagramme les points d'intersection des courbes de niveau et du trait de coupe. L'exercice peut être réalisé mécaniquement comme le report dans un diagramme de points dont les coordonnées sont à lire à l'intersection du trait (de coupe). Il ne préjuge pas de l'aptitude à se représenter ce profil comme l'intersection d'un plan vertical avec un relief. Le report des limites de couches sur le profil est un simple report de points : lorsque l'on a bien calé sa bande de papier millimétré, c'est un point que l'on descend le long d'un trait du papier jusqu'à toucher le profil. Il suffit alors de considérer un terrain (une couleur) correspondant au sommet d'une butte, et de relier par un trait les deux limites qui l'encadrent. Puis de relier de la même manière les deux points qui encadraient ceux-ci. Les coupes en région tabulaire proposées en 1^{re} D par la plupart des manuels, et la première coupe, traditionnellement réalisée en DEUG, peuvent être obtenues de cette manière. Il n'y a dans ce cas aucun apprentissage de l'espace, car aucune nécessité de représentation préalable de celui-ci pour décider du tracé de la coupe.

Si cet exercice, ainsi conduit, est la seule pratique de coupe enseignée, il n'y a pas d'apprentissage opérationnel de l'espace géologique. Il ne s'agit pas d'une caricature mais d'un constat de l'illusion que peut procurer cet exercice. Le simple passage à la réalisation d'une coupe en terrains plissés suffit malheureusement bien souvent à révéler l'illusion. La coupe est alors jugée beaucoup plus difficile à réaliser, elle l'est, mais elle l'est d'autant plus que la réalisation précédente est totalement inopérante.

Si on souhaite faire approcher l'espace géologique, on ne peut ignorer sa réalité complexe. On peut certes la simplifier, c'est même indispensable pour une première approche, mais toutes les simplifications ne sont pas pertinentes. La construction d'une coupe en terrain tabulaire peut être une première étape dans un apprentissage de l'espace géologique. Si l'apprentissage se limite à cette étape il n'est pas pertinent.

Un apprentissage de l'espace géologique ne prend de sens qu'à partir du moment où l'on travaille sur les trois dimensions en s'appuyant sur la représentation mentale de cet espace. C'est la

construction de ces représentations qui est à travailler.

1.2.2 Auxiliaire mais pas substitut...

Les blocs diagrammes se généralisent dans les manuels scolaires dans les années 70. Il peut s'agir de représentations inférées à partir de cartes géologiques, comme de modélisations tectoniques à l'échelle des plaques. Le degré d'interprétation et de modélisation qui conditionne la réalisation de ces divers objets n'est pas perceptible par l'élève. Les blocs-diagrammes sont tout d'abord introduits pour illustrer l'allure dans l'espace de structures tectoniques de type failles ou plis. Ces modèles permettent de présenter simultanément la trace dans trois plans perpendiculaires. Ils permettent donc une approche des relations entre la trace dans le plan de la carte et en coupe. Il semble que ces blocs soient une aide à la représentation mentale. Toujours est-il qu'ils aident certains étudiants à appréhender à partir d'un plan, l'autre plan. Classiquement, ils servent d'auxiliaires à la lecture des V de vallées. Leur aide à la construction de représentations mentales gagnerait à être étudiée. Leur manipulation ajoute à la perception visuelle sous différents angles, l'association avec une perception tactile et une mobilisation mécanique volontaire de l'objet dans l'espace. La perception est renforcée. La matérialisation de l'objet réduit la difficulté de l'abstraction du dessin de blocs en perspective.

Rapidement les blocs-diagrammes géologiques ont succédé aux blocs-diagrammes tectoniques. Ils permettent ainsi d'associer la trace en surface (bloc-diagramme présentant un relief) ou dans le plan de la carte (bloc-diagramme cubique) avec l'allure d'une coupe géologique. Dans un apprentissage de l'espace géologique, le bloc ne peut être qu'un auxiliaire, qu'une représentation matérielle de l'espace dont il faut pouvoir peu à peu se passer. C'est une production généralement issue de la carte, elle-même issue du terrain. L'apprentissage doit viser à la compréhension directe de l'espace géologique, sur le terrain, ou, sur sa représentation interprétative directe, la carte. Les blocs doivent servir à développer la représentation mentale des objets et non s'y substituer. Il convient donc qu'ils soient associés systématiquement au document d'origine : la carte (voire le terrain).

L'informatique permet de représenter ces blocs, avec une illusion des trois dimensions souvent plus forte que la représentation schématique sur papier, par effet de lumière. Elle permet par simulation de rotation d'observer ce bloc²⁵⁰ sous tous les angles, donc se rapproche de la manipulation réelle d'un bloc. Elle permet enfin une interactivité qui lui est propre : on peut modifier une information du bloc dans un plan, l'ordinateur recalculant aussitôt la conséquence de cette modification. On peut donc agir sur une trace dans un plan et observer la conséquence dans un autre. Chaque couche peut être en quelque sorte mobilisée. Cette mobilisation favorise la perception globale de la couche. On peut imaginer également de construire virtuellement le bloc en juxtaposant des couches, les déformant, les érodant, afin d'obtenir une allure donnée. Les conséquences des transformations sont observables dans les trois directions de l'espace.

L'aide que pourrait apporter l'informatique à l'apprentissage de l'espace géologique et à sa lecture à partir d'un plan reste à expérimenter. Des études de l'impact des simulations 3D des logiciels de jeux ou des logiciels culturels sur les représentations mentales peuvent apporter des informations pertinentes à la mise en oeuvre d'apprentissages de la représentation spatiale.

1.2.3 La transposition des représentations en 3D et en 2D

L'enseignement de la carte, tel qu'il fut réalisé, n'était pas un apprentissage opérationnel de l'espace géologique. En supprimant tout travail avec ou sur la carte, l'enseignement actuel de la

²⁵⁰ Précisons qu'il s'agit ici des possibilités d'animations réalisables, programmables, et non du descriptif d'un logiciel de travail sur l'espace géologique en simulation 3D. Il reste à réaliser.

géologie en collèges et lycées se prive d'une représentation spatiale majeure : à la fois comme interprétation du terrain et comme outil d'étude de la structuration géologique. Ne pas étudier le terrain sur le terrain et ne pas utiliser la carte comme substitut à celui-ci c'est se couper de la base concrète de la géologie, c'est passer directement à l'abstraction.

La carte géologique au 1/50 000 est un objet trop complexe pour être abordé d'emblée en collèges et lycées. La richesse de ses informations et la complexité de son codage constituent un obstacle à la moindre lecture non préparée. Cette préparation consiste tout d'abord en un apprentissage de la représentation d'un objet dans l'espace. Elle postule que la manipulation matérielle des objets est une aide à leur appropriation intellectuelle et à leur représentation mentale.

La **première étape** à travailler est le passage du volume au plan. Tant qu'un élève n'arrivera pas à représenter et à se représenter un objet à trois dimensions sur un support à deux dimensions, la carte lui restera inaccessible pour produire l'espace géologique.

Le support de la carte géologique est une carte topographique en courbes de niveau. Il convient donc de développer ce type de projection, plutôt que le dessin en perspective. La carte est construite par intersection du volume avec une série de plans horizontaux équidistants : les contours de ces intersections sont ensuite projetés orthogonalement sur un plan horizontal unique, celui de la carte. Cette transformation rend discontinu un espace par définition continu. La réalisation pratique, soit par immersion progressive de l'objet et tracer des niveaux d'eau successifs, soit par section de l'objet en tranches de même épaisseur, permet en faisant varier ces équidistances (distance entre deux niveaux d'eau ou épaisseur des tranches) de mettre en évidence les simplifications liées à la création de ces discontinuités.

La **deuxième étape** de cet apprentissage doit assurer la réversibilité du processus, c'est à dire la production d'un volume à partir de son codage dans le plan. La réalisation intellectuelle de l'opération peut suffire...à ceux qui se représentent déjà mentalement l'espace, le volume à la seule lecture de la carte topographique. Pour les autres la réalisation pratique de l'opération reste une manière simple pour associer deux représentations en plan et en volume du même objet. Le décalque et report des courbes de niveau sur du carton, carton-plume, contreplaqué ou polystyrène est une opération déjà souvent expérimentée.

La comparaison de l'objet, du volume, avant sa projection sur un plan et après sa reconstitution à partir de cette projection permet d'illustrer la dimension modélisatrice de la représentation du relief en courbes de niveau.

Ces deux étapes portaient sur la représentation en plan d'un volume, c'est à dire sur la construction et la lecture de la topographie d'une carte. La construction d'une coupe, c'est à dire d'une représentation d'un plan vertical d'un volume n'est jamais réalisée en cartographie à partir du volume, mais à partir de la carte. La **troisième étape** consiste donc à travailler sur le passage d'une ligne (le trait de coupe) à un plan. La ligne est en fait l'intersection d'un plan vertical avec la succession des plans horizontaux équidistants qui "découpent" le relief. A chaque fois que la ligne coupe une courbe de niveau, elle coupe en fait un plan horizontal.

On peut alors associer le profil construit par report de points à partir de la représentation en plan, avec la trace de l'intersection d'un plan vertical avec l'objet (le relief) ou avec sa reconstitution effectuée dans la deuxième étape. La répétition de cet exercice en faisant varier l'orientation du plan vertical de coupe permet de bien mettre en évidence la variation d'allure en fonction de l'orientation de plan.

Ces exercices n'ont rien de bien novateurs, ils constituent par contre une approche difficilement réductible et malheureusement souvent réduite dans l'enseignement de la carte. Ces étapes sont bien souvent jugées comme du domaine de préacquis spatiaux. L'erreur de jugement, l'absence d'évaluation de ce qui est un pré-requis pour la construction d'une coupe géologique, se solde alors par un handicap élémentaire à la représentation mentale et un obstacle à un apprentissage plus poussé. L'intellectualisation de ces étapes est nécessaire, leur réalisation pratique est un

préalable souhaitable.

Conditions de la production de l'espace géologique...

Au delà, l'apprentissage de l'espace géologique passe par l'étude de la trace de l'intersection de deux plans quelconques : la surface topographique et le plan d'une couche. Il convient avant de tenter de construire une coupe géologique à partir d'une carte, d'étudier des cas simples, c'est à dire de ne s'intéresser qu'à la trace et la disposition d'une seule couche à la fois. Le travail sur une carte géologique tabulaire n'a guère d'intérêt si ce n'est d'illustrer le principe de superposition des couches. Fondamentalement, pour décrire la disposition d'une couche dans l'espace, il faut en préciser son pendage et sa direction.

Si ces notions ne sont pas acquises au préalable il est illusoire de chercher à faire réaliser une coupe géologique, à faire produire une représentation de l'espace souterrain à partir d'une carte. La caractérisation d'un pendage et d'une direction nécessite un minimum d'acquis de géométrie spatiale. La construction d'une représentation mentale de cet espace est dépendante de la compréhension d'une mesure de pendage.

L'apprentissage de l'espace géologique doit se faire pour limiter les obstacles sur des cartes simplifiées (à ne pas identifier comme des cartes géologiques) ne comportant que la trace des courbes de niveau et celle d'une couche. Ces cartes doivent permettre si besoin de construire matériellement la réplique en 3D. La trace de la couche est alors matérialisée sur cet objet par une section plane.

La difficulté majeure à inférer la disposition d'une couche vient de l'allure très variable de sa trace dans le plan. Cette allure est une résultante de l'angle et de pendage du plan de la couche et du relief, donc est extrêmement variable. On s'aperçoit toutefois que l'intersection avec une butte ou une vallée (lorsque la direction de la couche est proche d'une perpendiculaire à l'axe de la vallée !) laisse un nombre de traces qui peuvent se réduire à quelques types de figures (les V de vallées). Qualitativement on peut certes se suffire de la reconnaissance de ces V et de la connaissance de la règle pour en déduire l'allure du pendage de la couche. Quantitativement ce pendage peut être construit graphiquement sur une coupe ou calculé par la règle des trois points.

La représentation mentale de la disposition de la couche à partir du décodage conscient ou inconscient des V de vallées ou de l'application de la règle des trois points est l'objectif à atteindre. C'est une nécessité pour la lecture directe de la structure d'une carte (lecture d'initiés) et c'est un gain de temps et un recul appréciable pour la construction d'une coupe.

La coupe est une matérialisation de la disposition de la couche dans un plan vertical, perpendiculaire au plan de la carte. Cette disposition est déterminée par la mesure d'un pendage indiquée sur la carte ou par déduction de la trace de l'intersection. Il convient dans un premier temps de savoir seulement reporter un pendage sur un profil : la mesure est donc à fournir. La construction même du profil est avant tout une technique de report de points, qui se suffit à elle-même. Reporter un pendage c'est prolonger en profondeur un plan caractérisé en surface. La profondeur jusqu'à laquelle la mesure est significative est a priori inconnue. Dans ce genre d'exercice d'initiation, cela n'a aucune importance.

Au lieu de déterminer la disposition spatiale d'une couche à partir de sa trace dans le plan, on peut tenter également l'exercice inverse, c'est à dire chercher à tracer celle-ci à partir de l'indication en un point de la carte de la direction et du pendage du plan de la couche. Cette démarche est celle qui guide le géologue cartographe lorsqu'il tente de réunir entre eux les points de sa carte d'affleurement et donc d'inférer la trace continue laissée par une couche, dont il ne voit que des affleurements ponctuels. Cette construction nécessite par contre quelques notions de trigonométrie. Connaissant la valeur du pendage (angle α) d'une couche, sachant que $\text{tg } \alpha = h/d$, soit $d = h / \text{tg } \alpha$, il devient possible de déterminer par construction géométrique les points d'intersection des courbes de niveau et du plan de la couche.

Cette construction ne nécessite pas de représentation mentale de l'espace mais n'y aide pas

non plus. On peut ainsi construire cette trace en appliquant une règle sans représentation spatiale. On construit mécaniquement la trace comme on construit mécaniquement un profil. Les techniques sont tout à fait différentes mais le mécanisme est le même.

La détermination du pendage d'une couche d'après la lecture de la carte est incontournable. Tant que cet exercice n'est pas réussi correctement, il ne sert à rien de tenter de passer à la lecture d'une véritable carte géologique. Là est souvent le problème de tout apprentissage opérationnel : le temps. Il faut du temps pour comprendre, il en faut encore plus pour passer de l'application d'une règle ou d'une technique à l'opérationnalisation de la tâche, et ici en ce qui concerne la carte, à sa vision spatiale. Bien des apprentissages n'en sont pas pour des raisons de temps plus que de contenu.

Une fois que l'élève sait lire un pendage et sait déterminer la position probable d'une couche en profondeur d'après son pendage en surface, il sait comment un géologue peut reconstituer la disposition de l'espace géologique et c'est l'essentiel. De là à produire lui-même d'une carte au 1/50 000 une représentation de la disposition spatiale des terrains, il reste encore des étapes qu'il n'est pas nécessaire de chercher à franchir avant des études universitaires.

Une coupe géologique à partir d'une version simplifiée d'un extrait de carte géologique est suffisante. Elle est souhaitable comme aboutissement d'un apprentissage. Ces cartes simplifiées doivent présenter un relief en courbes de niveau et le report des couches géologiques sans regroupements excessifs qui dénaturent le concept de carte géologique. Trop de cartes géologiques simplifiées présentées dans les manuels scolaires n'avaient aucune utilité parce que ne renfermaient plus aucune information sur l'espace et le temps géologiques.

Ces réflexions sur l'espace géologique et son apprentissage nous conduisent à nous passer de la carte géologique savante pour cet enseignement en collèges et lycées. Il paraît souhaitable d'étaler l'apprentissage de l'espace géologique, en l'étudiant tout d'abord en 4^e dans le plan du sol et comme la juxtaposition de couches. La déformation de ces couches peut être constatée à la faveur d'une sortie sur le terrain : l'interprétation fait appel à de trop nombreuses considérations géologiques, physiques et géométriques pour être abordée. A cette première étape de représentation, la classe de 1^{re} S, parce qu'elle souhaite s'intéresser aux mécanismes, aux moteurs des processus, parce qu'elle prétend se placer au niveau des raisonnements et non plus simplement des constats, ne peut faire l'impasse d'un travail sur l'espace géologique. La tectonique globale, le moteur général des déformations n'est accessible au raisonnement que si les problèmes liés aux échelles de temps et d'espace sont résolus, que si les représentations des processus mis en oeuvre sont opérantes. Ce n'est pas le cas.

Dans cette situation il devient dès lors plus pertinent de poursuivre un apprentissage de l'espace géologique. La déformation des roches est à étudier à partir du terrain, à une échelle accessible à l'observation. La discussion sur l'allure de ces déformations et la recherche des causes doit s'appuyer sur la représentation de l'espace géologique. La détermination et la caractérisation de la disposition des terrains est une base pratique de la géologie. L'enseignement des lycées l'a un peu vite évacué, coupant ainsi son enseignement de la géodynamique globale de la réalité perceptible à l'élève. Dans ces conditions, on atteint un niveau d'abstraction et de théorie totalement coupé des réalités.

L'absence quasi générale d'apprentissage de l'espace dans les différentes disciplines, fait dès lors de ce travail sur l'espace géologique un travail qui dépasse la discipline. L'apprentissage de l'espace est transdisciplinaire, c'est un apprentissage général. Il est fondamental pour l'enseignement de la géologie.

2. Le temps

2.1 Constat

L'âge de la Terre est évalué à 4,6 milliards d'années (Ga), l'apparition des premières cellules procaryotes est estimée à 3,8 Ga, les premières cellules eucaryotes entre 2 et 1,4 Ga, les premiers métazoaires sont datés de 670 Ma (faune d'Ediacara), les premiers Chordés de 530 Ma, les premières plantes vasculaires terrestres de 400 Ma, les premiers Mammifères de 200 Ma, les derniers Dinosaures de 65 Ma, les premiers *Homo erectus* apparaissent il y a 1,8 Ma, les *Homo sapiens sapiens* il y a 120 000 ans, les peintures de Lascaux ont 17 000 ans B.P.²⁵¹, la dernière glaciation s'achève il y a 10 000 ans B.P., l'âge du bronze commence il y a 4000 ans B.P., l'ère des chrétiens il y a 1950 ans B.P., et la bataille de Marignan était en 1515 après J.-C.

La grande difficulté à s'approprier, à se construire une représentation pertinente du temps géologique tient essentiellement à l'échelle des événements. On parle en millions d'années, en centaines de millions d'années alors que notre expérience personnelle se compte en années, en dizaines d'années à la fin d'un vie. L'expérience du temps transmise par oral ne dépasse guère quelques générations et par écrit quelques dizaines de générations. Notre représentation du temps, immatériel, irréversible, inexorable se rapporte à notre expérience personnelle.

Le temps s'impose à nous bien que insaisissable et nous le « mesurons » en le projetant dans l'espace. Nous exprimons la durée en étendue et la succession prend pour nous la forme d'une ligne continue. « Tu reviens dans combien de temps ? Le temps d'aller à la poste et de revenir. Tu auras bien le temps de lire dix pages d'ici là... »

La prise de conscience du temps exprime le dépassement de la temporalité par l'esprit, et révèle bien en l'homme la dimension de la réflexion et de la raison. Rapporter à une dimension linéaire le temps présente un avant, un après, une chronologie comme une séquence événements. La mesure personnelle du temps ne donne pas aux différents moments une valeur identique.

Notre propos n'est pas de réfléchir à la perception individuelle du temps ni à la manière dont on l'appréhende ou le mémorise. Notre objectif est de cerner les caractéristiques du temps géologique et d'en préciser les difficultés d'apprentissage. La carte renferme des informations temporelles. Est-elle un outil d'apprentissage du temps géologiques ?

2.2 Pistes de réflexion

La géologie cherche à préciser la chronologie des événements, leur durée et leur vitesse.

2.2.1 La chronologie des événements

Etablir une chronologie des événements géologiques c'est reconstituer la succession des événements. Cette reconstitution peut se faire par positionnement relatif d'un événement par rapport à un autre : on raisonne alors en termes d'antériorité et de postériorité. Cette distinction s'établit, nous l'avons vu, sur des arguments biologiques (chronologie relative des roches sédimentaires) et géométriques et logiques (principes de superposition, recoupement, inclusion, intrusion). L'étude des phénomènes à l'origine des événements précise également cet ordre (exemple du métamorphisme d'une roche sédimentaire au contact d'un granite). La chronologie relative est donc une succession déduite, sa restitution est dépendante de connaissances géologiques. Elle ne se pose pas en terme de représentation temporelle.

La chronologie dite absolue, car relative à un moment unique identique pour tous les événements étudiés, le présent, est une mesure de "distance" d'un temps à écoulement linéaire. On

²⁵¹ B.P. : Before present. Le présent est relatif à l'année 1950 pour les datations ¹⁴C.

mesure une quantité de temps (en fait de matière) entre l'événement et l'actuel. L'ordre des événements, leur chronologie, n'est déduite que de la quantité mesurée. Ce qui est de nature à poser des problèmes de représentation, d'appropriation, c'est la quantité mesurée. Cette quantité, en ce qui concerne un événement géologique, n'est pas appréhendable par notre expérience personnelle, c'est à dire par notre perception directe du temps. Ce changement d'échelle est tout à fait inhabituel et rejoint celui lié à l'étude des espaces infiniment grands ou petits. Notre expérience nous conduit alors soit à tenter d'appréhender cette mesure du temps par une analogie spatiale, soit à changer d'échelle en gardant la proportionnalité des durées qui séparent les événements.

L'analogie spatiale consiste par exemple à poser l'équivalence entre une distance de un millimètre et une durée de un an, c'est à dire entre deux unités directement perceptibles par l'expérience personnelle. On exprime alors les âges événements géologiques par des distances que l'apprenant peut rapprocher de son vécu. Cela n'a d'intérêt bien sûr que pour des comparaisons. Si « Lascaux n'est qu'à 10 mètres de moi, les premiers *Homo erectus* sont à 1,8 km, les derniers Dinosaures à 60 km, la base du Paléozoïque à près de 600 et les premiers Protozoaires à 3800 km ».

On peut également changer d'échelle tout en restant dans une comparaison temporelle. On rapporte alors la durée de l'histoire de la Terre à la durée d'un siècle, d'une année ou d'un jour et on respecte les proportionnalités. Ainsi si on compare cette histoire à une année de 365 jours, les premières cellules eucaryotes sont apparues début août, les premiers Chordés à la mi novembre, les premiers Mammifères à la mi décembre, les derniers Dinosaures disparaissent le 26 décembre, *Homo erectus* apparaît le 31 décembre vers 20h25 et l'ère chrétienne 14 s avant minuit.

Ces comparaisons ont déjà été proposées bien des fois par des enseignants et des auteurs d'ouvrages, aussi bien de vulgarisation que d'enseignement. Ce n'est pas une nouveauté, ce n'est pas non plus une panacée, car comme toute représentation analogique elle échappe pour partie à celui qui la propose. L'analogie spatiale est dépendante de la perception individuelle de l'espace. On sait que l'espace n'est pas perçu de manière homogène, que ses représentations intègrent des aspects culturels, sociaux, familiaux, que les émotions peuvent orienter les perceptions... L'analogie avec une durée directement perceptible par l'expérience personnelle n'échappe pas non plus à ces remarques. Chacun sait « que le mois de mai est très court, que juillet paraît très loin quand on est en janvier, que novembre est très long, et que l'on n'est pas à la minute près ». L'analogie est une aide, il resterait à évaluer la pertinence des représentations créées de cette manière. Qu'on pense par exemples aux analogies souvent employées pour vulgariser le volcanisme ou la tectonique des plaques.

Ces comparaisons ont l'avantage d'amener à réfléchir sur les proportionnalités, voire de les calculer. Elles peuvent également conduire à des représentations matérielles (tableaux, frises) qui peuvent contribuer à la représentation mentale d'une trame temporelle. La pratique de ces proportions, de ces valeurs, d'une manière générale de ces connaissances, ne peut de plus qu'être une aide à la mémorisation. Dans les comparaisons analogiques avec un temps vécu, la confrontation avec l'expérience personnelle, si elle peut déformer la représentation de cette chronologie, peut également en faciliter la mémorisation par association. On sait l'importance des associations dans les processus de mémorisation.

Nous avons traité jusqu'à maintenant de la chronologie comme une succession d'événements, c'est à dire en insistant sur l'asynchronisme exclusif de ceux-ci. L'histoire géologique est une histoire complexe que l'on peut décrire par ses aspects biologiques, sédimentaires, magmatiques, métamorphiques, tectoniques. Elle est donc faite d'une simultanéité d'événements divers. L'aspect séquentiel de l'échelle stratigraphique ne doit pas faire oublier le synchronisme des événements passés sous silence. Il faut replacer le temps dans l'espace. C'est la base de la reconstitution de l'histoire géologique.

Il est donc souhaitable qu'au delà de la construction d'une échelle biologique des temps, s'ajoute l'indication événements magmatiques, métamorphiques, tectoniques. Lorsque l'on fait établir une chronologie relative d'événements à partir d'une carte la séquentialité masque souvent

les simultanités. « Des roches sédimentaires se déposent dans le bassin, puis celui-ci est plissé, les terrains sont métamorphisés, puis un granite se met en place, la zone est fracturée, puis la chaîne de montagne formée est érodée, puis se déposent à nouveau des couches sédimentaires... » Plissements et déformations peuvent être à la fois synsédimentaires et postsédimentaires, l'érosion n'attend pas la fin des processus tectoniques, métamorphiques et granitiques pour agir, et quand la chaîne s'érode, il y a forcément sédimentation en un autre lieu. Il paraît donc important d'associer à l'apprentissage d'une chronologie de l'histoire de la Terre une étude, au moins pour une période limitée, de la diversité des aspects géologiques qui peuvent être pris en compte comme étape chronologique. Cette diversité d'aspects simultanés contribue à l'appréciation spatiale du temps.

2.2.2 De la durée à la vitesse des événements

La réflexion didactique sur le temps géologique s'est intéressée au problème de l'apprentissage de l'échelle des temps géologiques en se focalisant sur les dates des événements retenus pour le découper (calendrier). Mais qu'en est-il des durées des événements ? Géologiquement, bien que les valeurs de ces dates tendent à se stabiliser et donc gagnent en signification, elle ne doivent pas masquer l'événement lui-même.

Comment appréhender la durée d'un événement ? Comment les durées sont-elles traduites et enseignées ? Entendons nous par événement.

Dans l'échelle stratigraphique les événements sont déterminés (par les coupures) comme la durée de vie d'un marqueur stratigraphique (espèce ou association d'espèces). Les durées des coupures supérieures correspondent à l'évolution au cours du temps d'un ou de plusieurs groupes biologiques. A l'échelle des ères, on désigne le Paléozoïque comme l'ère des Trilobites, le Mésozoïque comme l'ère des Ammonites et des Dinosaures. Ces durées sont des durées de phénomènes biologiques, non observables à l'échelle actuelle de l'observateur. Elles sont également mesurées en unité physique de temps par ajout à cette échelle d'un calage radiochronologique. Ce calage a conduit à proposer des durées de vie moyenne d'espèces et des vitesses d'évolution. La durée biologique insaisissable par l'expérience personnelle est déduite de mesures physiques : une biozone à Ammonites est évaluée à 250 000 années. La détermination de cette durée en fait ensuite une unité étalon pour dater plus finement les événements lithologiques à l'intérieur d'une formation.

La mesure physique du temps, calée sur des transformations biologiques au cours du temps, amène à proposer des vitesses d'évolution biologique. Ces vitesses biologiques peuvent ensuite être transposées en vitesses sédimentaires. Nous reviendrons sur ce troisième aspect du temps géologique, qu'est la vitesse.

Les événements volcaniques et plutoniques sont traités quelque peu différemment. Soit l'événement est encadré dans une découpe stratigraphique du temps (volcanisme miocène, granite carbonifère), soit il couvre plusieurs de ces durées (volcanisme tertiaire, granite paléozoïque). La chronologie absolue "centre" l'événement sur une date (avec incertitude précisée dans la notice). La durée même de l'événement n'est pas précisée.

Un épisode volcanique, soldé dans l'enregistrement sédimentaire par un niveau de cendre de quelques dizaines de centimètres, peut, en appliquant le principe de l'actualisme correspondre à un événement de l'ordre de quelques jours. La durée de l'épisode est déterminable car le début et la fin de celui-ci sont nets : il commence lorsqu'un magma est éjecté sous pression dans l'atmosphère, et s'achève quand les cendres se déposent. Le phénomène est à l'échelle de l'expérience personnelle. Un événement volcanique peut comprendre une série d'épisodes instantanés séparés par des durées sédimentaires ou des durées non enregistrées parce que correspondant à une histoire aérienne. La durée de événement est plus incertaine voire indéterminée.

Un événement plutonique est plus difficile à encadrer dans le temps. La datation absolue

effectuée sur un granite nous donne l'âge de fermeture du minéral étudié. Mais quand débute l'histoire d'un pluton ? Quand est-elle considérée comme achevée ? De quel durée parle-t-on ? On donne l'âge d'un granite (absolu ou relatif) mais on ne précise pas la durée d'un phénomène diffus. C'est un granite à partir du moment où existe un corps magmatique granitique mais, la fusion n'est pas instantanée. Moins dense que l'encaissant, ce corps remonte et se refroidit. Il perd de l'énergie, transforme éventuellement l'encaissant (assimilation, métamorphisme) et s'arrête. Tous ces mécanismes sont diffus, l'ensemble représente la durée de la mise en place du pluton. Elle peut représenter des millions d'années.

La durée des phénomènes magmatiques est d'autant plus difficile à appréhender qu'elle nécessite l'existence ou la création de discontinuités. Le volcanisme est fondamentalement un phénomène discontinu. Les coupures existent et les durées sont abordables à l'expérience personnelle. Le plutonisme est discontinu mais ses limites sont diffuses et les durées inaccessibles à l'expérience personnelle. Appréhender la durée du phénomène plutonique ajoute à l'obstacle de l'échelle temporelle du phénomène, l'obstacle de sa vitesse et de sa définition.

Un événement métamorphique pose les mêmes problèmes que le plutonisme (début, fin, durée, vitesse). Le phénomène est calé par rapport à des événements stratigraphiques ou centré sur une mesure radiochronologique, sa durée n'est pas évoquée autrement. Sa désignation traduit bien l'imprécision sur la durée : on parle de métamorphisme cadomien, hercynien, pyrénéen ou alpin.

Par événement tectonique on désigne aussi bien une fracturation, un plissement, un charriage, que la formation d'une chaîne de montagne. La durée de ces phénomènes est à la mesure de la disproportion des durées géologiques. Une fracturation se fait en quelques secondes même si elle libère l'énergie élastique accumulée en quelques années ou centaines d'années. La formation d'une chaîne de montagne débute quand une plaque continentale se rapproche d'une autre (qu'il s'agisse d'une collision, d'une friction, d'une subduction, d'un phénomène en bordure ou à l'intérieur d'une plaque) et s'achève quand les forces de convergence sont inférieures aux forces de divergences ou nulles. Voilà définition aux limites suffisamment diffuses pour que la durée devienne un ordre de grandeur : la formation de la chaîne hercynienne s'étale de la fin du Silurien, à la fin du Carbonifère, soit sur 150 Ma.

La grande difficulté à appréhender une durée géologique tient d'une part à l'absence précise de signification des notions de début et de fin pour ces phénomènes et d'autre part, à la démesure des durées. Dans les deux cas l'absence de signification par rapport à un référent personnel constitue un obstacle majeur à l'appropriation de ces connaissances. Le problème de la construction de représentations pertinentes des durées a déjà été abordé avec le calendrier géologique. Le problème de la signification des limites des événements renvoie d'une part à des connaissances théoriques plus poussées des transformations physiques qui caractérisent ces processus et d'autre part, aux représentations des vitesses des processus. La vitesse a beau dériver de la durée, l'une renvoie à l'autre et réciproquement.

L'enseignement en collèges et lycées s'intéresse à la nature des processus, mais guère à leur durée ou leur vitesse. La carte géologique n'est pas l'outil adéquat pour cet apprentissage, car elle ne quantifie pas graphiquement les durées. Elle ne permet pas de calculer une vitesse.

Les difficultés d'appréhension des durées posent le problème des vitesses. Une roche solide à l'échelle de l'observateur se fracture lorsque l'on tente de la déformer alors qu'à l'échelle du million ou de la dizaine de millions d'années, cette même roche pourrait se plisser. La manteau est solide mais présente des mouvements de convection. Les plaques continentales se déplacent les unes par rapport aux autres. Le bouclier baltique continue de se soulever depuis la dernière glaciation. Une projection volcanique se solidifie en quelques secondes, un pluton granitique se refroidit et cristallise en quelques milliers ou millions d'années. Une tempête peut laisser une barre de sable de 50 cm de haut en une seule marée, un bassin subsident peut contenir quelques milliers de mètres de sédiments déposés en quelques dizaines de millions d'années, alors qu'une surface durcie de même durée peut se réduire à un enregistrement de quelques millimètres.

Vitesse de déformation, de fracturation, de déplacement, de refroidissement, de cristallisation, de fusion, de transformation métamorphique, d'érosion, de sédimentation, sont autant d'obstacles à la compréhension des phénomènes et à l'évaluation de la durée que représente le résultat. Voir une éclogite à l'affleurement, c'est pour le géologue établir des conditions de pression et de température qui le font se projeter dans un contexte de racine de chaîne de montagne, mais c'est aussi établir qu'une durée à chiffrer en dizaines de millions d'années le sépare de cet événement. A la vitesse ou l'érosion décape une chaîne, en voir la racine représente la disparition d'une masse de matière qu'il évalue sous forme d'une durée.

La connaissance des vitesses permet d'intellectualiser la représentation de la durée, mais ne résout pas le problème de l'échelle. Les ordres de grandeur des vitesses ne sont bien souvent pas comparables aux références personnelles.

L'incompréhension de phénomènes géologiques étant souvent liée à des problèmes de représentation des vitesses, l'enseignement essaie parfois de s'en démarquer par accélération des processus. Les modélisations géodynamiques cherchent en modifiant les échelles à reproduire ces mécanismes. Si ces modifications d'échelles rendent possible l'expérimentation, la modélisation, appuient les simulations, elles ne permettent, en revanche dans l'enseignement, que de faire comprendre la dynamique d'un mouvement qui à notre échelle n'en présente pas. Ainsi classiquement on explique les mouvements de convection du manteau avec l'analogie regrettable de la casserole d'eau qui chauffe²⁵² et la formation de plis dans les couches en comprimant de la pâte à modeler ou des couches de sables colorées. On illustre l'effet de la vitesse de refroidissement sur la cristallisation en versant dans de l'eau du soufre en fusion et en comparant le résultat avec un peu de soufre laissé à refroidir dans le creuset. Ces démonstrations analogiques sont des aides à la visualisation d'un phénomène, mais ne contribuent pas à l'amélioration de la compréhension des vitesses des processus géologiques.

La lecture des manuels scolaires montre que les ordres de grandeurs de ces phénomènes sont rarement précisés. C'est un minimum (avec les réserves précédentes) que de signaler ces vitesses : seul l'éloignement de quelques centimètres par an des bords d'une dorsale est généralement précisé. La modélisation de la Cité des sciences de la Villette, à vitesse réelle (constante), offre l'avantage pour les collégiens et lycéens qui ont l'occasion de s'y rendre régulièrement d'inscrire cette vitesse dans leur expérience personnelle : la maquette est immobile à l'échelle de leur perception, elle le devient à l'échelle d'une visite annuelle.

2.2.3 Rôle potentiel de la carte dans l'apprentissage du temps géologique

Le temps est une dimension majeure de la carte, nous l'avons précisé, mais la carte n'est pas en revanche l'outil souhaitable pour un apprentissage du temps. Elle le renferme sous forme codée, elle se lit dans cette dimension, mais elle n'apprend pas le temps. Elle ne rend pas compte de la vitesse des mécanismes ou de la durée des événements. Elle permet seulement l'établissement d'une chronologie relative par lecture de la disposition des terrains. Elle permet pour une durée donnée d'établir des simultanités cartographiques événements.

Utiliser la carte pour établir des chronologies relatives c'est réaliser une lecture spatiale de celle-ci. Cela renvoie à un apprentissage préalable de l'espace. Incrire la carte géologique dans l'enseignement de spécialité de la classe de TS comme un objet pour faire établir des chronologies (terrains témoins du temps), alors qu'aucun apprentissage préalable de l'espace géologique n'a été réalisé, c'est se tromper d'exercice.

²⁵² Dans cet exemple l'analogie se révèle être source de représentation erronée. On cherche à illustrer la notion de cellules de convection, bien visible lorsque l'eau s'échauffe dans la casserole, mais on conforte, voire suscite l'idée d'un manteau liquide.

3. L'interprétation

3.1 Constat

3.1.1 Enquête sur la prise en compte de l'interprétation par des élèves

L'étude de la part d'interprétation dans la carte géologique, objet de mon mémoire de DEA, m'avait conduit à mettre en oeuvre une enquête sur les représentations d'une centaine d'élèves de 1^{re} S à ce sujet²⁵³. Dans un questionnaire où des affirmations étaient proposées, ils n'étaient qu'à peine 25 % à accepter la proposition : "la carte est construite par interprétation d'observations". La notion d'interprétation ou l'idée d'interpréter n'avaient jamais été formulées lors des entretiens conduits avec quelques uns d'entre eux, avant ce questionnaire. La dimension interprétative de la carte est ignorée par surestimation de la part des observations (la carte est seulement une somme d'observations) et non prise en compte de la part d'interprétation liée à l'observation.

Au cours de l'année scolaire 1996-1997 des travaux sur la carte géologique ont été réalisés par des élèves de l'option sciences expérimentales de sept classes de 1^{re} S. L'apprentissage proposé à cinq de ces classes reprenait les contenus de savoirs et savoir faire du programme de 1^{re} D de 1966. Le déroulement en était toutefois quelque peu différent. L'objectif de cette option étant de développer un travail autonome des élèves, l'apprentissage n'était pas conduit sous forme de cours et de travaux pratiques classiques, mais sous forme de séances pratiques guidées par des fiches d'activités et comprenant des fiches information et des documents de travail. Les deux autres classes ont travaillé sur le contenu d'un carnet et d'une minute de terrain, en cherchant à caractériser ce que le géologue observe et mesure et comment avec ces informations, il peut construire une carte. En fin d'apprentissage²⁵⁴ ces classes ont répondu à un questionnaire sur la part d'interprétation dans la carte.

Document 2 : Questionnaire sur l'interprétation

« Ceci n'est pas un exercice. »

Les questions qui suivent font partie d'une enquête dans le cadre d'une recherche universitaire. Il ne s'agit pas d'un devoir, vous n'avez pas à craindre de bien ou mal répondre.

Merci d'avance pour les efforts que vous ferez en répondant à chacune des questions.

QUESTIONNAIRE A :

Des affirmations vont vous être proposées et on vous demande de les discuter en quelques lignes au maximum. Discuter veut dire préciser les raisons de votre accord ou de votre désaccord.

1. Une carte géologique est une interprétation d'observations de terrain.

.....

2. Une coupe géologique est une interprétation d'une carte géologique dans le plan vertical.

.....

3. De nombreuses informations contenues dans la carte géologique ne sont observables ni sur le terrain, ni en laboratoire.

.....

²⁵³ SAVATON, P. 1995. La carte géologique : représentations d'élèves de classe de Première scientifique. In : Représentations et obstacles en géologie, *ASTER*, N°20. INRP, Paris. pp. 139-164.

²⁵⁴ Tel qu'il était proposé, l'apprentissage devait s'étaler sur 7 à 8 semaines, à raison de 2h par semaine. Il dura en fait de 4 à 6 semaines selon les classes et s'arrêta avec la fin des cours du troisième semestre.

.....
4. Une carte géologique est une synthèse susceptible d'évoluer selon l'avancement des connaissances, comme n'importe quel savoir biologique ou physique.
.....
.....
.....
.....

QUESTIONNAIRE B

5. Des verbes vous sont proposés comme synonyme ou comme étant de sens proche du verbe interpréter. Rayer ceux qui ne vous semblent pas répondre à ces conditions.

Interpréter c'est :

- expliquer
- traduire
- exécuter
- déchiffrer
- commenter
- justifier
- falsifier
- rendre intelligible
- prouver
- définir
- simplifier
- développer
- donner du sens

6. Une observation est une interprétation.
d'accord pas d'accord

7. Une analyse comparative est une interprétation.
d'accord pas d'accord

8. Il n'y a pas de faits scientifiques, il n'y a que des données que la science interprète.
d'accord pas d'accord

9. Une interprétation est dépendante de la connaissance.
d'accord pas d'accord

10. Une interprétation scientifique se démarque d'une interprétation « personnelle » par sa prise en compte de savoirs communs à la communauté scientifique.
d'accord pas d'accord

11. La validité d'une interprétation repose sur la validité de ses justifications.
d'accord pas d'accord

Le questionnaire comme on le voit se découpait en trois parties correspondant chacune à un type de question :

1) une première partie (questionnaire A) proposait des affirmations et demandait à l'élève de les critiquer, en justifiant son accord ou son désaccord. Ce type de question appelle des réponses ouvertes qui peuvent être traitées par identification de mots et calcul de leur fréquence d'apparition dans les réponses. La logique de la réponse (perçue par le lecteur) est une condition pour sa validation. De nombreuses réponses n'ont pu être prises en compte à cause de cela. Le risque

12. Une interprétation se distingue d'une opinion par les justifications sur lesquelles elle s'appuie nécessairement.
d'accord pas d'accord

13. La science cherche fondamentalement à interpréter le monde qui nous entoure.
d'accord pas d'accord

QUESTIONNAIRE C

Des situations empruntées à la géologie vont vous être proposées. Il vous est demandé de répondre en quelques lignes, en soulignant dans votre réponse les termes qui vous paraissent les plus importants.

14. Sur une carte géologique il n'y a pas d'espace de laissé en blanc, c'est à dire d'espace où l'on n'aurait pas indiqué la nature des roches du sous-sol. Vous savez pourtant que le sous-sol n'est pas partout visible, loin de là. Il est généralement recouvert par un sol et par de la végétation. Le géologue n'a donc pas vu le sous-sol en continu. Comment un géologue peut-il, dès lors, produire une carte géologique présentant en continu le sous-sol ?

15. Les coupes géologiques montrent souvent des terrains plissés. C'est le cas dans toutes les régions de montagnes. Comment peut-on savoir, à partir de la lecture d'une carte géologique, si les couches sont plissées en profondeur ?

16. Les Dinosaures passionnent le public. On en voit de toutes sortes, de toutes couleurs, avec des comportements de solitaires ou des comportements sociaux, on nous en présente des féroces et des débonnaires, certains courent sur 2 pattes, d'autres sur 4... Comment savons nous tant de choses sur ces animaux disparus pour les derniers il y a 65 millions d'années ?

17. Il existe parfois plusieurs éditions successives d'une carte géologique, à 25 ou 50 ans d'intervalle. Il ne s'agit pas de simples réimpressions : des contours d'affleurements peuvent avoir changé d'une carte à l'autre, des failles peuvent avoir été ajoutées ou supprimées. Comment peut-on expliquer ces différences ?

d'interprétation erronée justifie ce rejet.

2) une deuxième partie (questionnaire B) comprenait un choix de synonymes pour le verbe interpréter et proposait une nouvelle série d'affirmations auxquelles il n'était possible de répondre que par un accord ou un désaccord, sans justification (réponses fermées). Ces questions cherchaient à préciser le sens donné par l'élève aux mots interpréter et interprétation. L'exploitation s'appuie sur les fréquences des choix.

3) une troisième partie (questionnaire C) proposait à la réflexion des situations mettant en oeuvre une part d'interprétation à identifier. Présentée après les deux précédentes, cette partie cherchait à établir le degré d'appropriation de l'idée d'interprétation. L'analyse consiste alors à rechercher dans les réponses si figure l'idée d'interprétation.

Après une première lecture détaillée de chaque questionnaire (A et C), des types de réponses ont été définis (selon la nature des justifications et les cohérences) par regroupement et des fréquences ont été calculées. L'établissement d'une typologie des réponses introduit bien sûr une interprétation. La formulation du chercheur est une reformulation d'idées exprimées quelques peu différemment et diversement.

Les résultats obtenus ne présentent pas en première lecture (en terme de comparaison de proportions) de différences significatives entre les deux apprentissages expérimentés (celui de 1^{re} D et celui sur les levers du géologue). On peut donc les considérer comme exprimant des représentations profondes et non l'expression d'informations, de savoirs temporaires fournis au cours de ces apprentissages. Le fait que deux classes se soient penchées sur le passage des levers à une carte géologique (transformation fondamentalement interprétative), mais ne présentent pas de fréquences de réponses différentes des autres classes est révélateur d'un ancrage de ces représentations²⁵⁵.

Analyse des résultats

A1. Une carte géologique est une interprétation d'observations de terrain ?

La moitié des élèves répondent "oui", mais les justifications sont hésitantes voire inexistantes. Elles se limitent bien souvent à signaler que la carte indique l'âge alors que celui-ci ne peut être observé et qu'il y a interprétation, parce que ajout d'informations. Les réponses négatives voient la carte comme un simple report d'observations. Notons que les réponses négatives sont justifiées, contrairement à de nombreuses réponses affirmatives.

A2. Une coupe géologique est une interprétation d'une carte géologique dans le plan vertical ?

Le fait d'avoir effectué au préalable une coupe géologique devait conduire, logiquement, à accepter la proposition : " Une coupe géologique est une interprétation d'une carte géologique dans le plan vertical". Dans la majorité des cas, il n'y a pas de réponse ou elles sont inexploitable. Parmi les réponses plusieurs affirment qu'il faut d'autres informations que celles contenues dans la carte, voire que la carte ne sert à rien pour la construction d'une coupe. Le terme interprétation est justifié par certains par la présentation sur la coupe d'informations nouvelles, comme dans la question 1.

²⁵⁵ Il est hasardeux de pousser plus loin la réflexion sur ces deux classes. Elles sont prises en compte dans l'analyse des résultats de l'enquête au même titre que les cinq autres classes. En effet, bien que leur objectif ait été de travailler sur la transformation d'une carte d'affleurements en une carte géologique, leur apprentissage n'avait porté à la date du questionnaire (et fin des cours) que sur la lecture autonome du contenu d'une carte topographique, d'une carte géologique, d'un carnet de terrain et de sa minute. Quelques-uns avait commencé à réfléchir sur les moyens de relier entre eux les points de la minute, mais non guidés ils ont été stoppés à ce stade sans identifier ce qui les bloquait (manque de documents ou inexistence des informations, manque de connaissances personnelles ou absence de réponse scientifique).

A3. De nombreuses informations contenues dans la carte géologique ne sont observables ni sur le terrain ni en laboratoire ?

Très majoritairement, les réponses repoussent cette affirmation, même lorsqu'il s'agit d'élève ayant répondu en A1 que la carte était une interprétation d'observations. Cela rejoint bien l'embarras traduit par l'absence de justifications à la question A1. La carte est perçue comme l'addition d'observations, il y a une survalorisation de l'observation et une vision de la carte comme analogie du terrain. C'est la réponse la plus nette, elle confirme une conclusion de l'enquête conduite en 1994.

A4. Une carte géologique est une synthèse susceptible d'évoluer selon l'avancement des connaissances, comme n'importe quel savoir biologique ou physique ?

Les réponses, par rapport aux réponses précédentes, sont logiques : c'est non. S'il y a des modifications cela ne peut être que des corrections limitées à des erreurs d'observation ou des précisions nouvelles liées à l'amélioration des techniques d'étude. Plus inquiétant, car traduisant des problèmes d'échelle de temps, un bon nombre de réponses affirment qu'il peut être nécessaire de corriger les cartes à cause de l'évolution géologique des terrains. On retrouve ce problème avec une autre ampleur dans la question C17.

La signification somme toute négative apportée au terme interprétation n'est curieusement pas confirmée par l'analyse du questionnaire B. L'étude des réponses à ce questionnaire révèle des illogismes à rapporter probablement à une connaissance souvent approximative du sens des mots. Le fait de prendre un mot pour un autre et de n'utiliser au quotidien qu'un petit nombre de mots rend difficile les analyses du sens associé aux mots employés.

B5. Quel(s) sens au verbe interpréter ?

Pour une nette majorité des élèves, interpréter, c'est expliquer, traduire, donner du sens, déchiffrer, commenter, justifier. A l'opposé, exécuter, falsifier, simplifier, prouver sont rayés dans la plupart des réponses. Il y a une classe qui se démarque avec la proposition « simplifier » rayée par seulement 40 % pour une moyenne homogène de 68 %.

Le verbe interpréter n'est donc pas, à la lecture des réponses, synonyme de rendre faux. Pourtant, dans les réponses 1, 2 et 3 du questionnaire A, il semble bien que le terme d'interprétation soit associé à l'idée d'approximation et d'erreurs. Simplifier n'est pas retenu. Essayons d'interpréter ces réponses.

L'idée qu'interpréter corresponde à perdre des informations, à en réduire la quantité ou la complexité, est majoritairement rejetée. C'est intéressant par comparaison avec expliquer : interpréter c'est expliquer, mais sans simplifier. Interpréter n'est pas non plus prouver. Prouver c'est montrer pourquoi on a raison, pourquoi ce qui est dit peut être considéré comme vrai. La prétention à dire « vrai » n'est pas reliée à interpréter, peut être à cause de l'idée d'approximation, notée précédemment. En revanche, la synonymie avec traduire est acceptée par une nette majorité. Traduire c'est dire dans un langage compris par l'auditeur (le lecteur), c'est exprimer différemment quelque chose pour le rendre intelligible, compréhensible par celui qui le reçoit. Traduire c'est dire des choses autrement sans en modifier le sens. Ne pas modifier le sens est une idée importante qui explique peut-être pourquoi la proposition « donner du sens » a été rayée par quelques élèves. Donner du sens pourrait être pris comme ajouter un sens, c'est à dire "changer" le sens d'origine, ce qui est rejeté.

Il semble ressortir de ses réponses que les choses et les observations ont un sens, qu'il ne

s'agit pas de leur en donner un, mais de l'exprimer autrement.

Interpréter n'est pas considéré par ces élèves comme donner un sens aux choses, mais comme révéler leur sens. Voilà qui justifie un travail de fond sur notre enseignement des sciences et sur les processus de l'observation.

Venaient alors une série d'affirmations plus ou moins pertinentes, destinées autant à faire réfléchir sur le sens qu'ils donnaient au terme interprétation, qu'à préciser leurs réponses précédentes.

B6. Une observation est une interprétation ?

Cette affirmation est logiquement rejetée par la grande majorité des élèves. On retrouve là une conséquence de la manière dont les sciences sont enseignées : la part de l'observateur dans l'observation est ignorée. L'effet de ses connaissances dans la saisie d'une information n'est pas prise en compte. L'idée qu'il suffit d'observer pour savoir, intimement liée à la « pédagogie de la redécouverte », entrave totalement la prise en compte de la part interprétative de toute observation. Les réponses sont semblables quelle que soit la classe. Réfléchir avec des élèves à ce que c'est qu'observer, pourrait être riche d'enseignement.

B7. Une analyse comparative est une interprétation ?

Cette affirmation ne semble pas avoir été comprise : le taux de non-réponse ou de ratures est élevé. La majorité n'est pas d'accord : une classe fait exception. Cela peut paraître d'autant plus surprenant qu'un grand nombre d'exercices des manuels scolaires demandent aussi bien d'interpréter que d'analyser des données... et attendent le même type de réponse.

B8. Il n'y a pas de faits scientifiques, il n'y a que des données que la science interprète ?

On obtient une majorité de oui. Comment se fait-il dans ce cas que la carte ne soit pas considérée comme une interprétation ? Les observations ne seraient pas des données. On ne peut exclure que les termes faits et données ne soient pas bien distingués. On ne peut écarter, non plus, dans l'analyse de ces réponses l'effet de la formulation de la proposition. Telle que cette affirmation est formulée, elle présente une allure de maxime, une allure d'énoncé de loi scientifique, une allure... de vérité !

On pourrait formuler les mêmes réserves au sujet de l'affirmation B13, « La science cherche fondamentalement à interpréter le monde qui nous entoure », qui recueille une quasi unanimité de oui. Si on reprend le sens profond donné au verbe interpréter dans la question B5, cela signifie que la science "révèle" le sens du monde qui nous entoure. C'est une position réaliste classique.

Les quatre affirmations suivantes, qui relient l'interprétation aux savoirs et à leur justification, recueillent l'assentiment de 75 à 90 % des réponses.

B9. Une interprétation est dépendante de la connaissance ?

B10. Une interprétation scientifique se démarque d'une interprétation personnelle par sa prise en compte de savoirs communs à la communauté scientifique ?

B11. La validité d'une interprétation repose sur la validité de ses justifications ?

B12. Une interprétation se distingue d'une opinion par les justifications sur lesquelles elle s'appuie nécessairement ?

Elles posent le problème de la validation de l'interprétation, domaine sensible dans les premières réponses, où l'interprétation était associée à l'idée de falsification et d'erreurs. Ici elle est clairement identifiée et démarquée de l'opinion personnelle.

On peut penser qu'au bout de plusieurs questions sur l'interprétation, l'élève est conduit à réfléchir plus profondément à la signification du terme. On aurait alors une évolution des réponses vers une reconnaissance plus grande de la part de l'interprétation, mais le questionnaire C ne confirme pas cette hypothèse. A moins que ce soit tout simplement le fait d'affirmer et de réaffirmer le même message dans ce questionnaire B qui conduise à accepter les propositions. Cette remarque n'est pas innocente, nous savons comment les stratégies de réponses des élèves en classes intègrent rapidement les préoccupations et attentes de l'enseignant traduites par ses questions. L'enseignant qui n'y prend pas garde obtient rapidement les réponses qui lui conviennent sans pour autant qu'elles reflètent l'opinion ou la compréhension de ces élèves.

Le questionnaire C, après la série de questions ciblées sur le sens des termes interpréter et interprétation cherchait à évaluer l'emploi spontané de ces termes pour expliquer des situations où fondamentalement l'interprétation est mise en jeu.

C14. Sur une carte géologique il n'y a pas d'espace de laissé en blanc, c'est à dire d'espace où l'on n'aurait pas indiqué la nature des roches du sous-sol. Vous savez pourtant que le sous-sol n'est pas partout visible, loin de là. Il est généralement recouvert par un sol et par de la végétation. Le géologue n'a donc pas vu le sous-sol en continu. Comment un géologue peut-il, dès lors, produire une carte géologique présentant en continu le sous-sol ?

Majoritairement, les élèves répondent que les géologues ont recours à des forages, carottages, sondages, des observations de coupes naturelles dans des mines, des carrières. Cette majorité de réponse est logique après celle de l'affirmation A3. Si la carte est une somme d'observations, il faut observer à tous prix. On retourne aux représentations personnelles, après les réponses quelques peu différentes au questionnaire B. On peut reprendre ici la même conclusion que celle tirée en 1995 de l'étude des représentations sur la carte²⁵⁶:

"La carte géologique est une inconnue, est un ailleurs qui renvoie à une étude du terrain, c'est-à-dire d'un milieu que les élèves ont côtoyé dans leur quotidien (vacances, balades...) sans "voir" les roches qui y affleurent. Il est alors plus confortable pour l'esprit d'imaginer celles-ci comme cachées (physiquement, là où elles le sont intellectuellement), d'où la nécessité de creuser, de forer, pour les découvrir. L'association psychologique très forte qui existe entre la notion de chercher, d'explorer et celle d'ouvrir, de pénétrer, de forer, peut faciliter cette association du forage à la production de la carte géologique."

Quelques élèves parlent de déduction, d'hypothèses, d'après les affleurements voisins, le sol ou la végétation, voire emploient le terme d'interprétation.

C15. Les coupes géologiques montrent souvent des terrains plissés. C'est le cas dans toutes les régions de montagnes. Comment peut-on savoir, à partir de la lecture d'une carte géologique, si les couches sont plissées en profondeur ?

Cette question a posé un problème à bien des élèves car peu de réponses sont exploitables ou sont exprimées. Rappelons nous que pour la plupart ils avaient réalisé une coupe en région tabulaire (!) dans la semaine ou la quinzaine qui précédait ce questionnaire.

Aucun élève ne parle de traduction ou d'interprétation de la carte. Le processus mis en oeuvre pour construire la carte se réduit à l'identification maladroite de la technique. Ainsi, sans explications, sont cités l'utilisation des courbes de niveau, parfois des pentes voire des pendages, les

²⁵⁶ SAVATON, P. 1995. La carte géologique : représentations d'élèves de classe de Première scientifique. In : Représentations et obstacles en géologie, *ASTER*, N°20. INRP, Paris. pp. 139-164.

synclinaux et anticlinaux, l'âge des terrains, leur altitude... Pour certains élèves, il n'est pas possible à la lecture d'une carte géologique de savoir si les couches sont plissées en profondeur.

L'objectif de la réalisation de coupes n'est pas identifié. Les discussions avec bien des étudiants sortant de DEUG B montrent également que cet objectif est masqué par l'acquisition de la technique de coupe. L'exercice n'a d'autre finalité pour l'élève ou l'étudiant que l'acquisition d'une technique, mais sans objectif.

La réponse à cette question traduit plus un enseignement inopératif de la carte qu'un problème de représentation excluant l'interprétation.

C16. Les Dinosaures passionnent le public. On en voit de toutes sortes, de toutes couleurs, avec des comportements de solitaires ou des comportements sociaux, on nous en présente des féroces et des débonnaires, certains courent sur deux pattes, d'autres sur quatre... Comment savons nous tant de choses sur ces animaux disparus pour les derniers il y a 65 millions d'années ?

Beaucoup d'élèves se sont interrogés (ont interrogé leur professeur) sur la raison de cette question, trouvant qu'elle n'avait rien à voir avec la carte et la logique des questions précédentes. C'était bien sûr volontaire et leur réaction est très significative. Ils fonctionnent par "tiroirs" comme on dit familièrement. On leur parle de carte géologique et d'interprétation, ils recherchent le lien entre ces deux sujets, et c'est tout.

Les élèves répondent majoritairement que l'on sait tout cela grâce aux fossiles, mais n'expliquent pas comment. Le fossile reste un savoir caché (une boîte noire) que savent lire les chercheurs. Quelques uns parlent d'actualisme, d'hypothèses, mais aucun ne parle d'interprétation. Pour certains c'est de l'imagination.

Il n'y a pas eu de transposition de leur réflexion sur la part d'interprétation dans la carte, au problème de la construction du savoir paléontologique. La dimension interprétative ne s'impose pas à leur réflexion, elle ne fait pas partie de leur représentation sur la construction des savoirs scientifiques.

C17. Il existe parfois plusieurs éditions successives d'une carte géologique, à 25 ou 50 ans d'intervalle. Il ne s'agit pas de simples réimpressions : des contours d'affleurements peuvent avoir changé d'une carte à l'autre, des failles peuvent avoir été ajoutées ou supprimées. Comment peut-on expliquer ces différences ?

Pour une nette majorité, s'il y a une nouvelle carte, c'est parce que la géologie a changé, parce que les données ont changé, et non parce que les interprétations de celles-ci ont changé. Ils justifient ces changements par des modifications du relief et des roches, dues à l'érosion, aux séismes, à la tectonique des plaques, à des transformations géologiques ou humaines. Pour quelques uns il s'agit de cartes plus précises par ajout d'observations nouvelles rendues possibles par l'amélioration des techniques. On retrouve les réponses à la question A4. Un seul parle d'erreurs d'interprétation, corrigées par de nouvelles observations.

La carte n'est donc pas perçue, même après autant de questions et affirmations autour du terme « interprétation » comme une synthèse interprétative d'observations et de réflexion théorique. L'évolution des savoirs théoriques n'a aucun effet sur la carte.

Autre aspect de ces réponses, l'énorme confusion d'échelle temporelle. La mobilité des plaques, enseignée en classes de 4^e et de 1^{re} S n'a pas été intégrée avec l'échelle de ses vitesses de transformation. Coupé de la réalité du terrain, l'enseignement de la géodynamique est coupé également des échelles accessibles à l'expérience personnelle. Nous en avons discuté précédemment.

En conclusion, que dire de l'analyse des réponses à ce questionnaire ? Elle confirme la survalorisation de l'observation dans la constitution d'un savoir scientifique, ou plutôt la non prise en compte de la part d'interprétation qui dirige, organise ces observations. L'existence d'une part d'interprétation n'est pas envisagée dans la construction de la carte (ou d'une coupe), car elle n'est pas envisagée pratiquement dans la construction d'une connaissance. La science est dite interprétative, mais cette formulation reste creuse et artificielle. L'interprétation, hors de tout exemple concret, est envisagée comme une traduction d'information, comme une révélation du sens des choses, mais pourrait-on ajouter uniquement lorsque ce sens n'est pas directement accessible. Ce cas de situation est envisagé plus intellectuellement que concrètement.

Force est de noter l'homogénéité très forte des réponses et leur concordances avec l'enquête menée en 1994, qui rejoignait celle-ci sur quelques questions.

3.1.2 Interprétation et approche épistémologique de la connaissance

Les savoirs scientifiques expérimentaux sont fondamentalement interprétatifs. Cette dimension est intégrée dans la réflexion scientifique, elle a ses règles, ses contraintes, ses débordements et rappels à l'ordre. On prend soin, notons bien, de la qualifier de scientifique pour se démarquer de l'autre (la non scientifique), ou des autres (les interprétation communes, vulgaires et personnelles).

Dans l'enseignement, on n'en parle guère voire on n'en parle pas. Si on prend l'exemple des discours tenus sur la carte dans les manuels scolaires, on constate que la carte est présentée, dans son contenu, mais pas dans sa construction. L'exercice de lever d'une carte géologique locale simplifiée, proposé quelques temps en classe de 4^e, s'est fait sans bien souvent aborder le problème de l'interprétation.

Face au problème du passage de la carte d'affleurements à la carte géologique, les auteurs écrivaient : « le géologue procède ensuite au tracé des contours, opération délicate » (Vuibert, 1972) ; « réunissez par une bande de couleur, les taches d'une même couleur situées dans une même zone » (Hachette, 1973) ; « nous verrons au fil des chapitres comment relier les affleurements entre eux » (Technique & Vulgarisation, 1979) ; « il suffit de relier tous ces points pour représenter l'extension superficielle de la couche étudiée » (Magnard, 1979). L'embarras des auteurs est manifeste et l'exercice n'a été que peu pratiqué. Lorsque des levés de terrain sont effectués, ils sont reliés d'après la carte géologique déjà établie.

Nos enseignements s'appuient quotidiennement sur l'interprétation d'expériences et d'observations (réalisées ou relatées). Classiquement on interprète à l'aide des connaissances enseignées, les variations des valeurs d'une variable biologique, les relations entre variables, l'effet de tel paramètre sur telle fonction, la signification de tel comportement... Nombre d'intitulés demandent d'interpréter tel ou tel tableau de données, tel résultat. Interpréter est même très souvent un mot un peu passe partout signifiant à la fois, expliquer, analyser, comparer, discuter, justifier, voire « réciter la partie du cours auquel fait référence ce document. Notre enseignement interprète, et comme la recherche, le fait avec des règles et des contraintes. Le débordement (l'interprétation personnelle de l'élève) est également sanctionné.

Ce qui se passe en fait c'est qu'on utilise un savoir savant comme référence à nos interprétations, comme référent garantissant leur validité, mais qu'on ne travaille pas sur la construction de ce savoir savant. Interpréter en classe devient expliquer correctement grâce aux connaissances apprises. La manière dont on a établi tel principe, construit tel schéma explicatif, dont on met en relation tel phénomène et tel mesure, n'est pas objet d'étude. On ne réfléchit pas sur les mécanismes de construction, on ne travaille pas sur l'articulation des interprétations, on n'apprend pas la démarche, mais le résultat.

Constater que notre enseignement ne cherche pas à étudier comment le savoir se construit, cela n'est en fait que constater qu'il n'intègre pas la dimension épistémologique. Mais l'enseignement des sciences, que cela soit au collège, au lycée et même à l'université, n'a jamais cherché à présenter un regard épistémologique sur le savoir scientifique.

Développer un apprentissage de la carte géologique qui prenne en compte sa part interprétative, c'est proposer un regard critique sur la construction d'un savoir, pour en rendre pertinent son appropriation, c'est inscrire la définition des contenus d'apprentissage dans un objectif de formation à la critique raisonnée.

3.2 Réflexion sur un apprentissage de la construction d'un savoir : la carte géologique

La carte géologique n'a jamais l'objet d'un apprentissage spécifique de sa construction. Les levés et l'interprétation des levés pour produire la carte nécessitent des connaissances solides en géologie car font appel aux différentes disciplines de cette science (pétrographie, paléontologie, tectonique, stratigraphie, sédimentologie). C'est un travail long, pénible parfois et souvent ingrat. De plus en plus en complexe au fur et à mesure que progressent les connaissances et donc les questions, il est de plus en plus souvent le fruit d'équipes pluridisciplinaires.

La carte géologique n'est pas périmée pour les géologues. L'exploration des fonds sous-marins a permis de poser les problèmes des mécanismes géologiques en d'autres termes et a ouvert de nouvelles approches pour l'étude des continents. De l'échelle locale on était passé à l'échelle globale, on revient pour d'autres raisons, en quête d'autres informations, mais aussi pour des applications pratiques, à l'échelle régionale et locale. Une cartographie de la France au 1/250 000 est toujours souhaitable, une cartographie des unités géologiques est toujours attendue. Les cartes géologiques de détails continuent à être levées : le rythme s'accélère d'ailleurs pour achever en temps la couverture de la France au 1/50 000. La constitution d'une banque de données cartographique ne supprimera pas non plus les cartes papiers ; les usagers en sont toujours demandeurs.

L'exercice de lever d'une carte géologique locale simplifiée, lorsqu'il avait été proposé cherchait surtout à faire comprendre à l'élève les objectifs de la géologie. Partant de l'observation de roches et de leur disposition, le géologue cherche à reconstituer leur histoire. L'exercice de lever avait alors pour but essentiel de sortir sur le terrain pour y collecter des échantillons des roches qui allaient être étudiées, par la suite, en classe. Cette étude au laboratoire était l'occasion d'aborder quelques notions de pétrographie descriptive et de paléontologie. Les essais de reconstitution de l'histoire géologique locale, ou le discours tenu sur celle-ci, s'appuyant sur une représentation cartographique, il convenait lors de cette sortie de terrain de mettre en relation les observations d'affleurements avec un pointage sur une carte. Ainsi était en quelque sorte introduit le travail de représentation cartographique du sous-sol, c'est à dire la production des cartes. Cette proposition d'un exercice de lever, même s'il n'était pas conduit à terme, ou s'il simplifiait la difficile étape de la transformation de la carte d'affleurement pouvait atteindre son objectif.

Cet exercice a disparu, comme ont disparu également les sorties sur le terrain. La géologie enseignée en collège et lycée ne prétend plus partir de l'observation directe. Elle n'est pas non plus une "géologie de tiroirs", les études monographiques ont disparu. Elle porte sur l'explication de la dynamique globale à l'origine des événements géologiques observables à diverses échelles. Elle est fondamentalement abstraite puisqu'elle porte sur une modélisation synthétique. Le terrain viendrait illustrer cette démonstration s'il existait encore : dans nos classes se sont les photographies et les films qui assurent ce rôle illustratif. Ce renversement d'approche n'est pas artificiel et propre à l'enseignement secondaire, il traduit aussi une mise en avant des modèles, commune à l'enseignement et la recherche universitaire en biologie et géologie.

Document important de la géologie, reflet des connaissances d'une époque, la carte représente un outil pour une approche épistémologique de la constitution d'un savoir scientifique. Les conditions des levés et la démarche qui aboutit à interpréter ceux-ci en extrapolant ce qui n'a pu être observé donne matière à une réflexion pratique sur les conditions qui font de ce document un savoir reconnu par une communauté scientifique²⁵⁷.

L'étude peut porter sur deux étapes : l'observation de terrain et la transformation de la minute en carte.

3.2.1 Observation et interprétation : le lever cartographique

L'enseignement de la biologie et de la géologie, en collèges et lycées s'est appuyé pendant longtemps sur l'observation. On observait et décrivait des êtres vivants (morphologie, anatomie, alimentation, comportement), des roches (aspect, composition, propriétés, répartition) et des fossiles. C'était l'époque des monographies. L'histoire naturelle avait gagné sa reconnaissance en tant que science. L'approche était naturaliste et ses enseignants se réclamaient comme tels jusque dans le nom de leur association.

L'observation dirigée, conduite par des questions visant à décrire les choses, à les comparer, à les regrouper, les organiser, les hiérarchiser, les déterminer et les classer, était à la base de cet enseignement. La pédagogie était passée de la démonstration à la manipulation : les travaux pratiques étaient des séances d'observation, parfois en extérieur. Loupes et microscopes représentaient des acquisitions majeures.

L'évolution de la biologie vers le fonctionnel et la dimension cellulaire puis biochimique, l'a coupé peu à peu de cette base naturaliste. L'évolution de la géologie vers des aspects plus physiques et chimiques, vers une mathématisation nécessaire à la modélisation, l'a éloigné également du terrain. L'enseignement secondaire, par désir de suivre l'avancement des sciences, a emboîté le pas. L'union des naturalistes a suivi, en devenant l'association des professeurs de Biologie-Géologie. Les sciences naturelles, n'étaient plus guère naturalistes, elles sont devenues Biologie-Géologie.

L'étude des fonctionnements est alors au centre de cet enseignement, les aspects dynamiques sont privilégiés par rapport aux aspects statiques (évolution très symbolique). On étudie la physiologie, animale ou végétale, et la dynamique du Globe. On parle en terme de système et on purge l'enseignement de ses scories descriptives et classificatrices.

Et l'observation ? L'observation ne disparaît pas curieusement pour autant. On peut encore un temps observer au microscope, la loupe est déjà dépassée, mais rapidement on se fait une raison, pour l'échelle intracellulaire il faut passer au document de substitution, à la photographie au microscope électronique. Qu'importe on observe désormais des photographies. Leur lecture est complexe, on la guide à l'aide de schémas explicatifs (quand on ne remplace pas directement la photographie par un schéma).

Cette évolution se fait dans un contexte de pédagogie de la "redécouverte" où l'on cherche à construire le cours à partir des conclusions tirées en classe de l'étude des documents. L'élève, par définition en situation d'apprenant, doit utiliser ces savoirs pour produire des savoirs nouveaux. Comment ? Le choix est limité. Soit il est conduit à aller puiser dans un savoir formulé, qu'il va devoir s'approprier par reformulation, soit il produit ces savoirs par confrontation à la nature, par observation donc. C'est cette deuxième voie qu'ont tenté d'emprunter nos disciplines.

L'observation qu'effectue un chercheur n'est pas la même que celle qu'effectue un élève,

²⁵⁷ L'absence d'études épistémologiques dans le cursus des enseignants ne favorise pas une démarche épistémologique de leur enseignement. On peut lire à ce sujet LAKIN, S. et WELLINGTON, J. 1994. Qui enseignera l'épistémologie des sciences ? Conception d'enseignants sur la science et conséquences pour l'enseignement des sciences. *ASTER*, N°19, pp. 175-193.

parce qu'il ne pose pas le même regard, pas les mêmes questions, parce qu'il n'a pas le même savoir de référence. L'observation n'est fondamentalement pas la même, mais notre enseignement souhaiterait qu'elle le soit, dans la mesure où elle souhaite appuyer la production de ce savoir scientifique sur l'observation-élève.

L'élève survalorise par conséquent l'acte d'observer. Nos enquêtes le montrent clairement. Il survalorise parce que notre enseignement lui assure que c'est de l'observation qu'il va tirer la connaissance. Mais, les connaissances nécessaires à cette observation et à la production de cette connaissance nouvelle, il ne les possède pas. Il y a tromperie.

Il est nécessaire que nos disciplines réfléchissent aux conditions de l'observation. On ne peut appuyer un enseignement sur l'observation préalable pour enseigner des modélisations. On mélange les mécanismes inductifs et déductifs de la pensée, on espère trouver dans l'observation des réponses à des questions que l'on ne s'est pas posé au préalable et les questions aux réponses que l'on a déjà. On continue à faire de l'observation le point de départ d'un cours, on cherche à lui faire poser les questions auxquelles on souhaite répondre par la suite.

Ces quelques remarques sont là pour se poser la question des conditions de l'observation et de son exploitation. Un travail épistémologique de profondeur sur l'observation dans l'enseignement de nos disciplines reste à conduire²⁵⁸.

Avant de souhaiter observer comme le chercheur, il semble pertinent d'étudier ce qu'observe le chercheur et pourquoi. Il s'agit donc de travailler dans un premier temps sur l'identification des questions qui construisent la grille d'analyse que pose le regard du chercheur sur les objets qu'il étudie.

L'observation géologique du terrain peut constituer un exemple de ce regard analytique. L'identification des questions qui la guide permet alors d'approcher les conditions de sa réalisation (approche pratique du lever géologique) et de comprendre les résultats obtenus. Cette réflexion en amont de l'observation permet un regard critique sur l'acte d'observer (qui peut être replacé dans une dimension historique : qu'observe le géologue de terrain au cours du temps ?) et sur le résultat de cette observation. La dimension interprétative est soulevée.

3.2.2 Interprétation : de la minute à la carte

La minute est un document personnel et provisoire, qui doit rendre compte avant tout des observations de terrains. C'est un report cartographique de données observées. Ces données sont presque exclusivement des données de surface. Elles sont ponctuelles : la densité des observations est fonction du recouvrement du sous-sol sur la zone étudiée. Leur validité est déterminée par les savoirs et savoir-faire du géologue (connaissances théoriques et pratiques, éventuellement matériel de mesure). La surface (et par extension le volume) autour du point d'affleurement dans laquelle les caractéristiques notées au point d'observation sont encore significatives, est non seulement variable mais difficilement quantifiable. A l'approximation près de l'interprétation liée directement aux processus d'observation, la minute peut représenter les données à l'origine de la carte : le reste, la transformation de la minute en carte, c'est l'interprétation de ces données qui va le produire.

Le bilan sur l'enseignement nous a montré que cet exercice de transformation n'a été abordé que par quelques auteurs de manuels de 4^e et de 3^e entre 1959 et 1980. La réalisation d'une carte géologique locale simplifiée nécessitait évidemment cet exercice pour passer des observations réalisées sur le terrain à la carte à produire. Bien souvent, la mise en relations de ces données s'est faite par reprise des tracés proposés sur la carte géologique de détails (référence savante). Quelquefois les sites d'observation ont été reliés entre eux en s'appuyant sur une hypothèse simple et suffisante pour les exemples proposés : les terrains sont horizontaux. Cette hypothèse était parfois

²⁵⁸ Voir à ce sujet : L'élève épistémologue. 1991. *ASTER*, N°12.

passée sous silence, ce qui aboutit à donner une idée fausement simpliste de l'exercice de transformation.

Le passage de la minute à la carte est un exercice complexe, qui nécessite non seulement des connaissances géologiques théoriques solides, aussi bien sur les mécanismes, que sur la géométrie des roches (connaissances en sédimentologie, magmatisme, métamorphisme, tectonique, résistance des matériaux...), mais aussi, une connaissance pratique des caractéristiques du terrain. Les particularités régionales telles les faciès d'érosion ou les styles de déformation influencent non seulement la collecte des informations, mais aussi leur mise en relation. La validité d'une carte géologique repose essentiellement sur l'interprétation proposée par le géologue cartographe, d'où le souhait plusieurs fois formulé par le Service de la carte puis le Bureau de Recherche Géologique et Minière, que les données issues des observations soient distinguées du produit fini remis. Jusqu'à maintenant, le contrôle par la communauté (commission de la carte au BRGM) porte sur la carte remise : c'est essentiellement une validation de la logique d'ensemble.

La mise en relation de ces données est orientée par des principes géologiques (superposition des couches sédimentaires, continuité, inclusion, remaniement...), des principes géométriques (intersection d'un plan avec une surface quelconque), des lois physiques (déformation des matériaux) qui constituent autant de contraintes à l'interprétation et par conséquent d'éléments de justification des tracés proposés. L'interprétation scientifique se distingue fondamentalement de l'interprétation dite personnelle en ce qu'elle s'appuie sur des arguments (des savoirs) éprouvés par la communauté scientifique. Elle se réfère à des savoirs partagés et soumis à des épreuves d'invalidation. L'interprétation est contrainte. Elle n'est pas unique parce que les observations et les contraintes sont insuffisantes et laissent la place à plusieurs hypothèses.

L'étude de la transformation de la minute en carte constitue donc une approche possible des processus de construction d'un savoir scientifique. Elle doit permettre de s'interroger sur les justifications qui permettent de relier entre elles des observations, de choisir tel tracé plutôt que tel autre, d'interpréter telles observations ponctuelles comme l'expression de telle structure géologique. Elle peut conduire à s'interroger sur la validité de tel ou tel principe géologique (constance d'épaisseur, continuité géologique...), à s'interroger sur ses limites d'application. Quel que soit le degré d'analyse récurrente atteint, c'est la démarche qui compte.

Il ne s'agit pas de passer de l'acceptation béate de vérités scientifiques à un scepticisme général, aussi stériles pour la pensée l'un que l'autre, mais de poser les bases d'un regard critique indispensable à la constitution d'un "esprit scientifique" tant clamé dans nos enseignements.

Il ne s'agit donc pas de demander à des élèves du secondaire de réaliser une transformation toujours complexe même pour un géologue chevronné, mais de les mettre en situation d'identifier l'existence de contraintes et d'hypothèses, là où ils ne voient qu'exposition de faits, que vérité révélée.

Travail sur l'interprétation : protocoles d'apprentissages

1. Mise en oeuvre d'un apprentissage expérimental

1.1 Contraintes humaines et matérielles

Toute expérimentation d'un enseignement autre que celui proposé dans les programmes officiels se heurte d'emblée à des contraintes d'autant plus nombreuses que celui qui réalise l'expérimentation, n'est pas celui qui l'élabore. On peut distinguer en première approximation des contraintes humaines et des contraintes matérielles. Les contraintes matérielles sont propres à chaque contenu d'expérimentation ; les contraintes humaines varient très peu. La mise en oeuvre d'expérimentations d'apprentissages, au cours des années 1997 et 1998, m'a permis d'en tirer quelques enseignements et réflexions.

Il est difficile lorsque l'on tente une expérimentation, non seulement d'ignorer ces contraintes, mais également de les réduire lorsque le temps est compté. Elles sont donc à prendre en compte dès l'élaboration des expérimentations et des protocoles de mise en oeuvre. Il convient donc de prendre en compte :

1) Le temps prévu pour la réalisation des programmes officiels est jugé insuffisant par la majorité des enseignants, que l'on soit au collège ou au lycée. Chacun déplore d'en être réduit à toujours pousser les élèves pour "boucler" le programme et peu le finissent, excepté en classe de terminale mais dans des conditions peu souhaitables. Tout enseignement supplémentaire ne peut donc qu'aggraver cette situation et toute réduction, sauvage, du temps d'expérimentation ne peut que modifier l'apprentissage recherché et les évaluations. Notre propos n'étant pas de discuter de la pertinence de cette remarque sur le manque de temps, nous nous limiterons à signaler que c'est un obstacle important à franchir pour réaliser une expérimentation. Il est en partie humain.

2) Les réticences individuelles à tester, à réaliser, un enseignement nouveau, qui plus est non obligatoire, puisque non officiel, peuvent représenter un obstacle majeur. Elles sont de plusieurs ordres. Il peut s'agir de craintes des soucis matériels et financiers que peut représenter un enseignement nouveau. Il peut s'agir également de craintes beaucoup plus profondes et personnelles. La crainte permanente, voire obsessionnelle parfois, d'être en situation de "non-savoir". L'ampleur, sans cesse croissante, des savoirs biologiques et géologiques donne des vertiges bien justifiés et déstabilise chaque jour l'enseignant dans sa quête de rester ou d'être « incollable ». La peur de ne pas savoir répondre à une question, voire de ne pas savoir soi-même, est probablement le principal obstacle à la mise en place d'enseignements nouveaux²⁵⁹.

3) Les craintes, fondées ou non, d'un désaccord avec la hiérarchie (administrative et pédagogique), les parents d'élèves, voire les élèves, peuvent également intervenir. Ces craintes deviennent des blocages *quasi* systématiques quand l'enseignant sait qu'il aura à défendre ses choix

²⁵⁹ Les incitations de différents programmes au cours des années, à développer des sorties de terrain (écologie, géologie...) ont été peu suivies. La crainte de l'enseignant de ne plus maîtriser le cadre de son enseignement, de ne plus contrôler les questions des élèves est une cause à ne pas ignorer. Sortir la classe de la classe pose le problème du rôle et de la place de l'enseignant dans l'enseignement.

et qu'il sera contesté. Les remises en cause de plus en plus nombreuses des choix pédagogiques des enseignants ont abouti à une recherche systématique d'une couverture administrative et pédagogique, que seule un programme officiel (texte à l'appui) peut fournir. Même lorsque cette dernière existe, les craintes persistent. Notons que les expérimentations officielles ne soulèvent pas non plus l'enthousiasme général : ni du côté des enseignants, ni du côté des parents.

4) Il est une crainte très liée à la profession, celle de se voir imposer quelque chose d'encore plus contraignant que les programmes officiels. Chacun a l'habitude de critiquer les directives des programmes, qui réduisent la « liberté pédagogique » et l'exposent d'autant plus à une évaluation extérieure, que ces directives sont précises et détaillées. Réelle ou imaginaire, passée ou présente, cette idée de liberté colle à l'enseignant comme une double peau, ou un mythe. Une proposition d'expérimentation, parce qu'elle s'accompagne d'une évaluation (quelle qu'en soit la nature et les modalités) est potentiellement plus contraignante qu'un programme officiel. Celui qui élabore la proposition cherche à en retirer des informations et pour cela doit forcément réduire l'influence de l'enseignant dans l'expérimentation qu'il est amené à réaliser par procuration.

5) Enfin, reste pour l'enseignant la crainte du regard de celui pour qui il réalise l'expérimentation. Tout regard extérieur est considéré comme évaluatif et comme jugement. L'identification très forte parfois de l'enseignant à son enseignement, à ses productions, à celles de ses élèves, à leurs résultats, le rend d'autant plus réticent à l'idée d'être sous le regard d'une personne extérieure. L'introduction d'un regard extérieur peut être vécu comme le viol d'une intimité, celle de la classe (au sens de la relation professeur-élève) et celle du professeur. La crainte d'un jugement d'incompétence est permanente.

1.2 Occasions d'expérimentations

L'enseignement de géologie de la classe de 4^e doit se garder des approches modélisatrices et synthétiques et doit être prudent sur la présentation des phénomènes dynamiques. Ces approches nécessitent une solide capacité d'abstraction car sont détachées de la réalité directement perceptible de l'élève. Aux obstacles des échelles de temps et d'espace s'ajoute le risque de construire des représentations géologiques erronées, par l'impossibilité d'aborder ces sujets sans un minimum de connaissances physico-chimiques théoriques. La transposition du savoir savant au savoir enseigné se fait parfois au prix de simplifications et schématisations inopérantes, qui par la suite peuvent constituer de nouveaux obstacles.

L'expérimentation en 4^e, depuis 1988, d'un enseignement centré sur le modèle synthétique de la tectonique des plaques devrait faire l'objet d'un bilan. Les dimensions temps et espace, fondamentales en géologie (et du domaine également des apprentissages généraux), justifient une réévaluation de leur enseignement.

La classe de 1^{re} S, parce qu'elle peut s'appuyer sur des connaissances physiques et chimiques plus importantes, sur des capacités d'abstraction supérieures, doit permettre d'aborder les modélisations géologiques actuelles. Une approche épistémologique de la construction de ces savoirs est nécessaire si l'on souhaite éviter l'enseignement dogmatique de vérités révélées. Cette dérive est d'autant plus forte qu'enseignants et élèves sont demandeurs de certitudes, là où les chercheurs proposent des modèles comme hypothèses de travail soumises au processus d'invalidation.

Cette classe de 1^{re}, dite de section scientifique, doit être à même de proposer un regard critique sur la science, c'est à dire un regard véritablement scientifique. Il convient dès lors, non pas d'ajouter un enseignement d'épistémologie générale, qui ne serait alors perçu que comme un regard extérieur, philosophique, voire même seulement sceptique sur la science, mais d'inclure dans les apprentissages disciplinaires, dans la construction des savoirs, une démarche analytique critique.

Cette classe comprend un enseignement de sciences expérimentales, à raison de 1h30 de Sciences de la Vie et de la Terre, par élève et par semaine. Cet enseignement se caractérise par sa démarche et non par ses contenus disciplinaires.

Le programme²⁶⁰ comporte huit thèmes : il est conseillé d'en traiter trois au cours de l'année dont un de sciences de la Terre. Ce thème est à choisir par le professeur selon ses compétences, les possibilités locales, les documents à disposition et l'intérêt des élèves. Le texte précise que cet enseignement doit apporter des connaissances complémentaires à celles acquises dans l'enseignement obligatoire de SVT, mais que celles-ci ne sont en aucun cas un préalable pour l'enseignement en classe de terminale. Les objectifs cognitifs précisés par le bulletin ne sont fournis qu'en tant qu'indicateurs éclairant le domaine du thème. L'objectif principal de cet enseignement est de privilégier l'activité personnelle et l'initiative des élèves : c'est un travail en autonomie qui est visé. La dimension expérimentale des travaux des élèves est à prendre au sens large, de manipulations pratiques à des recherches bibliographiques ou des enquêtes.

Ce programme offre donc l'occasion d'expérimentations d'apprentissages sur des contenus différents des thèmes proposés. Des apprentissages sur l'espace géologique, sa représentation, ses dimensions, peuvent être mis en place. Nous proposons ici deux expérimentations sur l'interprétation dans la construction d'une carte géologique. La carte est alors un objet de connaissance mais également un outil de réflexion sur la construction de cette connaissance. La dimension spatiale est une constante qui figure dans chaque apprentissage.

Une proposition porte sur l'apprentissage de l'observation géologique. L'objectif est de conduire l'élève à s'interroger sur :

- Que cherche à observer le géologue ? Pourquoi ?
- Comment transcrit-il ses observations ? Pourquoi ?

Cette approche doit permettre un regard critique sur l'acte intellectuel qu'est l'observation et sur la réalité perçue du milieu observé.

L'autre proposition porte sur l'apprentissage de la transformation d'une carte d'affleurements en une carte géologique. Elle cherche avant tout à construire une représentation plus pertinente de la construction et du contenu de la carte. Elle approche la démarche qui guide le géologue et cherche à identifier les contraintes qui orientent son interprétation. Une compréhension précise des contraintes qui orientent l'interprétation du géologue n'est possible par contre que par la pratique personnelle de cette transformation. Elle requiert des connaissances géométriques et géologiques bien supérieures à celles d'un élève de premier cycle et ne peut guère être envisagé avant des études universitaires de géologie.

Le souhait d'un regard épistémologique sur la construction d'un savoir scientifique (la carte dans notre exemple) trouve sa limite dans la connaissance scientifique nécessaire à la compréhension de ce qui se fait.

Les propositions d'apprentissage qui suivent sont encore à l'état de protocoles. Elles ont été établies après une première expérimentation en classes sur des protocoles quelque peu différents. Évalués, ceux-ci ont nécessités parfois des reprises profondes pour s'adapter à la réalité des situations de classes. L'approche se veut évolutive et pragmatique. Ces nouvelles propositions ont été expérimentées au troisième trimestre 1998 par quatre classes de 1^{re} S.

²⁶⁰ BOMEN, Hors série du 24 septembre 1992.

2. Propositions d'apprentissages

2.1 Observer, ou questions sur le lever de terrain

2.1.1 L'étude descriptive du contenu de la carte géologique

La lecture de la légende d'une carte géologique détaillée au 1/50 000 met en évidence des noms de roche, des âges, des noms de formations, des regroupements des roches (roches sédimentaires, roches magmatiques, roches métamorphiques), des indications de failles, des indications de pendage, des indications parfois de minéraux, de gîtes fossilifères, de forages, de sources. La lecture de la notice est complexe : la lecture du descriptif de quelques terrains (formations et roches magmatiques et métamorphiques) est toutefois souhaitable. Elle permet d'ajouter au descriptif de la légende la prise en compte de l'épaisseur des roches, du descriptif minéralogique et paléontologique, de l'indication précise de quelques sites d'affleurements.

La carte géologique présente un fond topographique. Il convient d'insister sur la dimension informative de ce fond et pour cela de s'interroger sur les informations apportées spécifiquement par cette carte. Elles sont sur la carte géologique, mais il est préférable de les rechercher directement sur la carte topographique. Ainsi on insiste sur le fait qu'une carte géologique est une information géologique placée sur un support géographique.

La lecture de la légende de la carte topographique au 1/50 000 ou au 1/25 000 met en évidence des indications d'altitudes (courbes de niveau et points cotés), des indications d'habitations, de routes, de chemins, de limites administratives, de sites remarquables, de carrières, de puits, de rivières, de paysage... Les informations topographiques, orographiques, toponymiques peuvent être distinguées. La recherche sur une carte géologique de ces différentes informations permet de mettre en évidence celles qui sont les plus pertinentes pour la géologie. La lecture des marges et bordures de la carte topographique ne doit pas être oubliée : elle ajoute le repérage géographique.

Un bilan peut alors être établi sur la diversité des informations géologiques que doit rechercher le géologue. Ce bilan permet aussi de rechercher la signification des informations :

- Il convient pour cela de mettre en relation cette légende avec une échelle des temps fossilifères. Il faut que soit identifiés comme durées géologiques les noms d'étages, de séries et de systèmes inscrits en légende. Il faut que cette identification soit rapportée à la présence dans ces couches de fossiles marqueurs. Il faut que soit compris le sens du terme "formation".

- Il est nécessaire que la distinction entre roches sédimentaires, magmatiques et métamorphiques ait un sens, non seulement pétrographique (descriptif) mais aussi pétrologique (génétique). Une roche sédimentaire provient du dépôt d'une couche, une roche plutonique provient du refroidissement en profondeur d'un corps magmatique, une roche métamorphique provient d'une transformation à l'état solide d'une autre roche par l'effet de la température et/ou de la pression (elles sont pour cela généralement associées à un contexte de déformation des roches)...

- Il est nécessaire que l'élève sache ce que représente un signe de pendage, une direction et une valeur. Il est nécessaire que les indications géographiques du fond topographique aient un sens pour lui (latitude, longitude, quadrillage Lambert).

Pour ce qui est des aspects matériels, cette phase de l'apprentissage nécessite outre des cartes topographiques et géologiques, la mise à disposition de documents aidant à la compréhension des termes et des notions abordées. Des documents explicatifs sont à réaliser sous forme de fiches. Ainsi par exemple, si un élève recherche la signification du mot formation dans le dictionnaire de géologie, la définition qu'il lira est insuffisante à sa compréhension. Une définition plus détaillée, illustrée par quelques exemples est souhaitable. De même, il convient d'ajouter à la définition d'un

pendage, une explication sur sa mesure pratique. Les conditions de déroulement de cette option permettent d'envisager également que les élèves prennent contact avec des géologues professionnels, des universitaires, pour se faire expliquer certains aspects, pour les accompagner sur le terrain, pour obtenir des documents de lever. C'est une démarche qui doit être développée, elle est parfaitement en accord avec le programme.

Citons alors comme documentation et documents souhaitables :

- une échelle stratigraphique détaillée, un dictionnaire de géologie, un dictionnaire des fossiles de France, des guides sur les roches et fossiles...

- des fiches expliquant le principe et la mesure d'un pendage, la définition d'une formation géologique, le rôle des fossiles dans la découpe du temps géologique, la localisation géographique d'un point par sa latitude et sa longitude, la construction d'une carte géographique par projection, le principe de la représentation du relief par des courbes de niveau.

Le travail peut également être guidé par des fiches précisant les objectifs et contenus des étapes distinguées précédemment. Cela permet aux élèves de travailler à leur rythme.

2.1.2 L'étude analytique de la carte des affleurements et des notes du carnet de terrain

L'élève doit rechercher les informations ajoutées par le géologue au fond topographique (extrait de la carte topographique) qui lui sert de support. Des points, des taches de couleurs variées associées généralement à des numéros, éventuellement des signes de pendage avec une valeur chiffrée ou des signes de gîtes fossilifères, sont les seules informations nouvelles de cette carte. Les couleurs renvoient à des noms de formations ou à des roches, décrites dans le carnet.

Le carnet renferme des notes descriptives, des indications de mesures, des croquis de localisation ou de description. Ces notes sont reliées à la carte par des numéros. L'étude détaillée du contenu doit permettre de décrire ce que note le géologue et de s'interroger sur la raison de ces notes. Que cherche-t-il ? Pourquoi note-t-il tel ou tel élément ?

Pratiquement il convient d'établir une liste des éléments notés, puis de les regrouper selon leur nature : description pétrographique, fossilifère, localisation géographique, disposition des roches, indication de pendages et de direction, état des roches, nature de l'affleurement. La question du pourquoi guide ces regroupements. La justification pratique de ces questions peut se faire éventuellement par la suite en passant à l'exercice de transformation de la carte d'affleurement en carte géologique : c'est l'objectif de l'autre apprentissage proposé.

La liste des descripteurs établie, il devient possible de construire un tableau indiquant les éléments observés pour un nombre d'affleurements donné. Ceci permet de porter un regard critique sur la valeur des différents affleurements (observations). On s'aperçoit des informations qui manquent, on peut s'interroger sur la raison de ces manques, on mesure la difficulté à construire une image du sous-sol. Un calcul de densité des observations, ou de surface totale d'observation peut également être réalisée à partir de la minute. Cela permet d'associer une évaluation qualitative et quantitative du lever. Cela conduit à réfléchir à la part de l'observer et à la part du déduit dans la carte géologique.

Cette phase de l'apprentissage repose sur la présentation de documents difficiles à obtenir. Les minutes et carnets de terrain sont des documents personnels du géologue cartographe. Certains géologues ne les ont pas conservés, ou ils sont à l'état de brouillons peu exploitables par un autre que l'auteur. Pour obtenir de tels documents il est donc nécessaire de se mettre en relation avec un géologue cartographe. Cette prise de contact peut être intégrée dans le travail des élèves, elle peut permettre d'ouvrir l'enseignement au delà de cet apprentissage. Il est possible également de produire

ces documents soi-même, c'est même souhaitable lorsque l'on envisage de passer par la suite à un exercice pratique de lever.

2.1.3 L'étude de terrain

Il est souhaitable, pour ne pas dire nécessaire d'introduire cet apprentissage de la carte géologique par une sortie de terrain. Cet apprentissage en classe ne doit pas se couper de la réalité du terrain. Il est souhaitable de l'introduire à la faveur d'une excursion géologique associant commentaire géologique de paysage, visite d'une carrière et observation d'affleurements divers (talus de route, lit de rivière, chemin creux, excavation pour une fondation de bâtiment). L'enseignant commente un paysage, en indiquant la nature des terrains du sous-sol, leur âge, leur histoire en s'appuyant sur la lecture d'une carte géologique. La carte renferme toutes ses informations. L'enseignant dirige l'observation des affleurements par des questions descriptives orientées.

L'objectif est de montrer, à la fois la diversité des informations contenues dans la carte et la diversité des affleurements observables. Il s'agit seulement d'une introduction à l'exploration du contenu de la carte. Cette dernière amenant la recherche des questions qui guident l'observation.

L'étude en classe des conditions de l'observation doit pouvoir se poursuivre par une étude cartographique de terrain. L'objectif est alors de passer au stade de l'observation autonome sans le guide des questions de l'enseignant.

Cette étude peut prendre la forme d'une nouvelle excursion, mais si c'est toujours l'enseignant qui choisit le parcours, il doit en revanche laisser ses élèves assurer le commentaire "à voix haute" de chaque affleurement du sous-sol. Son rôle est alors de critiquer les observations et d'attirer l'attention sur les affleurements "non-vus" ou les informations délaissées. Les observations sont au fur et à mesure reportées sur un fond topographique et notées sur un carnet.

Si la géologie d'un site le permet, il est souhaitable de placer l'élève en situation de lever lui-même une zone. Le choix de la zone mérite qu'on s'y attarde. Au critère de proximité immédiate de l'établissement scolaire, il convient de substituer des éléments de choix cadrés sur les objectifs.

La zone ne doit pas présenter de structures tectoniques complexes. On recherchera une zone monoclinale, ou un anticlinal, ou un synclinal, ou une discordance angulaire marquée ou un pluton avec son auréole. Pour donner de l'intérêt à la construction de la carte il convient d'avoir une diversité de terrains (cinq est un bon nombre) avec des critères suffisamment distincts pour permettre leur reconnaissance par les élèves. La présence de terrains fossilifères est un plus certain, autant pour les possibilités de distinction des terrains et datation des terrains, que pour la motivation des élèves. La présence de carrières en exploitation ou abandonnées est nécessaire : elles permettent souvent de bonnes observations synthétiques qui serviront à recalibrer les autres observations.

Règle importante, si le choix de la zone se fait au départ sur une carte géologique, il faut absolument que l'enseignant la parcoure à pied dans ses grandes lignes avant de maintenir ce choix. Dans le bocage, il est rare parfois d'observer le sous-sol à l'affleurement.

Choisir de réaliser un lever pratique nécessite de s'y être soi-même exercé au préalable et sur le terrain proposé. C'est un investissement de plusieurs jours et donc une contrainte personnelle très forte.

L'étude de terrain peut être réalisée sur une journée, en découpant la zone en secteurs suffisamment réduits pour être parcourus sans se presser en une demi-journée. Chaque binôme ou trinôme d'élève est chargé de cartographier l'un de ces secteurs. L'intérêt de ce travail est multiple. Il donne une finalité directe pour l'élève dans son apprentissage des conditions de l'observation. Il lui procure une autonomie en le plaçant en situation d'effectuer par lui-même une tâche décrite au

préalable. Cette application pratique permet l'auto-évaluation de sa compréhension et de sa mesure du problème. Les leviers étant à mettre en commun par la suite, pour produire la minute de cette zone, la qualité des descripteurs est primordiale. Les échanges entre groupes pour traduire dans une notation commune la diversité des terrains observés permet aussi une critique des observations. Les comparaisons des notes et des densités d'observations peuvent conduire à s'interroger sur la qualité et la fiabilité de leurs observations.

La comparaison à ce stade de la minute obtenue avec la carte géologique de détails de la zone conduit logiquement à s'interroger sur les conditions de transformation de l'une en l'autre.

La préparation pratique de cette sortie doit être soignée. Avant de partir sur le terrain, il convient de penser le matériel nécessaire au lever. Le carnet et la minute étudiés vont bien sûr guider cette réflexion. Lever une carte renvoie à toute une série d'actions :

1) **localiser** : il faut savoir utiliser la carte topographique et la boussole avant toute sortie individuelle sur le terrain (savoir orienter une carte, s'y localiser, se déplacer avec, situer un point à 25 m près : sans ce préalable pas de lever possible) ;

2) **observer** : la plupart du temps il s'agit d'observer à l'oeil nu, parfois une loupe peut être utile pour les fossiles ou les minéraux. En règle général la roche est recouverte d'une patine d'altération ou de mousses... le marteau est nécessaire pour « rafraîchir » les roches...

3) **mesurer** : mesurer des directions (boussole), des pendages (clinomètre), des distances et des épaisseurs (ses pas et un mètre à ruban). Il faut savoir estimer une distance sur le terrain à l'aide de ses pas ou au coup d'oeil : un peu d'entraînement est nécessaire. Un clinomètre ce n'est ni plus ni moins que la combinaison d'un niveau d'eau et d'un rapporteur, ou d'un fil à plomb, d'un rapporteur et d'une équerre²⁶¹.

4) **noter** : la lecture du carnet et de la minute ont précisé leur rôle et leur constitution. Prendre des notes sur le terrain demande un matériel adapté : planchette, pochette plastique de protection, crayons papier et taille-crayon...

e) **échantillonner** : il est nécessaire d'échantillonner pour pouvoir comparer par la suite entre groupes la nature des terrains observés. Un bon échantillon pour être exploitable doit être de la taille du poing. Chaque échantillon prélevé doit porter le numéro de son lieu de prélèvement. Lorsque plusieurs roches sont prélevées au même endroit un croquis de leur localisation est souhaitable.

Il est important également avant de sortir sur le terrain de discuter de quelques règles de sécurité, surtout si les élèves sont amenés à s'y déplacer de manière autonome. Ils doivent être informés des règles de prudence et des obligations de respect des propriétés privées. Les conseils sur la conduite à adopter en cas d'accidents doivent être impérativement rappelés. L'attitude à adopter vis-à-vis d'un riverain, d'un promeneur ou d'un représentant de l'ordre public qui s'inquiète de leur présence en ces lieux est à discuter avec eux au préalable. Toute sortie sur le terrain devrait être une occasion de rappel de quelques règles élémentaires de citoyenneté.

Le jour de la sortie, il est nécessaire de « passer » voir les élèves au cours de leur travail de terrain : aussi bien pour les relancer, que pour discuter des problèmes rencontrés... ou les rassurer²⁶².

²⁶¹ Pour l'avoir expérimenté plusieurs fois sur le terrain avec des élèves de 1^{er} S, la construction d'un clinomètre de fortune n'est pas une difficulté du moment qu'ils ont compris ce que l'on cherche à mesurer, c'est à dire un pendage. On peut leur suggérer d'utiliser une équerre, un rapporteur un fil à plomb pour construire eux-même leur clinomètre. Il y a là un défi ludique qu'ils relèvent aisément. Au delà, on s'aperçoit que cette construction marque la représentation opérationnelle de l'acte de mesure. Lors d'une sortie certains élèves n'arrivaient pas à se servir d'un clinomètre professionnel jusqu'à ce qu'ils aient construit leur propre clinomètre de fortune.

²⁶² Du point de vue de la responsabilité, il est important également que les élèves puissent joindre rapidement l'enseignant en cas de problèmes. La réglementation sur les sorties scolaires évolue beaucoup, elle ne doit pas empêcher cependant de sortir.

2.2 Interpréter, ou la transformation de la minute en carte

2.2.1 La dimension spatiale des cartes

L'apprentissage porte sur la transformation d'une carte des affleurements en une carte géologique. Il s'agit donc de produire le « non-observé » à partir de l'observé. Pour arriver à cette phase d'interprétation et pour en prendre la mesure et l'effectuer, il est nécessaire de connaître les documents de travail (minute et carnet de terrain) et le document fini (carte géologique). Cette étape de la réalisation de la carte vient idéalement après l'apprentissage de l'observation de terrain à l'origine de la minute. Pratiquement, dans ces propositions expérimentales, il est nécessaire de réduire en temps ce préalable pour ne pas diluer l'objectif.

L'étude du contenu de la carte géologique doit donc être guidée. Il s'agit plus d'un commentaire du contenu et de la technique du lever que d'une interrogation sur la nature des informations exposées dans la carte et recherchées lors des levers. L'objectif est de prendre la mesure des aspects géométriques et, à un moindre degré, chronologique de la carte. Pour relier entre eux les affleurements ponctuels l'élève aura à penser les terrains dans leur dimension spatiale : cet apprentissage ne peut pas faire l'économie d'un travail sur l'espace. La dimension chronologique sera utile pour déterminer l'ordre des terrains sur un axe vertical.

Il convient donc de faire rechercher sur une carte géologique, les indicateurs de la nature des terrains et des roches, les indicateurs d'âges et les indicateurs de la géométrie des couches. On peut se limiter à mettre en évidence le regroupement des roches en trois grands types et la désignation des terrains sédimentaires sous forme d'ensembles (formations). Roches et terrains sont ordonnés en légende selon leur âge, ceux-ci peuvent être mis en relation avec une échelle des temps géologiques.

Il faut alors s'interroger sur la **géométrie originelle** des différents types de roches. Une roche sédimentaire provient de la transformation d'un sédiment : quelle allure géométrique présente un dépôt sédimentaire ? Un granite provient du refroidissement en profondeur d'un magma : quelle allure présente un pluton ? Une roche métamorphique provient d'une transformation d'une autre roche par effet de la température et/ou de la pression : quelle allure présente un ensemble de terrains métamorphiques ? Il est important de penser géométriquement les roches en dehors de la carte.

Une **sortie sur le terrain** en introduction à l'étude du contenu de la carte géologique paraît indispensable pour poser la question de la disposition des terrains directement dans l'espace et non par l'intermédiaire d'un plan, celui de la carte. Une visite de carrière présentant des couches sédimentaires, sur lesquelles des pendages et directions peuvent être mesurés est tout à fait pertinente. La visualisation de déformations, ou même simplement d'une inclinaison des couches permet de mettre en évidence deux événements : l'un sédimentaire et l'autre tectonique. Une chronologie relative est ainsi introduite. Un commentaire géologique de paysage permet de replacer les observations ponctuelles de trois ou quatre affleurements dans une dimension géographique : c'est un pas vers la représentation cartographique.

Si la sortie se déroule après l'étude du contenu de la carte, il est alors pertinent de s'appuyer sur la lecture de celle-ci lorsque l'on est sur le terrain. Cet exercice a alors l'avantage de montrer que même lorsqu'on se trouve sur un sol épais, couvert de végétation, sans aucun affleurement du sous-sol en vue, la carte indique le sous-sol. Inversement lorsque l'on cherche sur le terrain un contact indiqué sur la carte, ou un filon, il est fort possible de ne rien voir. Cela ne manque pas de poser quelques questions, voire entraîne une remise en cause de l'exactitude de la carte.

L'étude du contenu de la carte géologique doit insister sur la dimension géométrique. Les indications de **pendage** doivent être repérées et interprétées. L'élève doit savoir expliquer ce qu'est un pendage et comment il se mesure. Quelques exercices pratiques d'évaluation de pendage d'un plan dans l'espace sont à proposer.

L'étude du fond topographique (de la carte topographique) doit insister sur le codage et la

lecture du **relief**. La représentation du relief par des courbes de niveau peut donner lieu à des constructions pratiques de croquis en courbes de niveau (à partir de modèles 3D en plâtre, bois ou polystyrène²⁶³) et des constructions de maquettes à partir des croquis. Ce passage des 3D au plan et du plan au 3D est à favoriser. Le déroulement de cette option sciences expérimentales est tout à fait propice à la réalisation de tels travaux et cela en fonction des difficultés individuelles à se représenter mentalement l'espace.

A ce stade, il faut associer l'approche sur le relief et son codage en plan avec la représentation des couches géologiques. L'élève peut construire des empilements de couches (pâte à modeler), les plisser et les éroder. Il obtient ainsi une représentation en 3D qu'il peut ensuite tenter de représenter en plan. Il peut également tracer des couches sur des blocs 3D (mini-reliefs en plâtre, bois ou polystyrène) : cela lui permet de s'interroger sur les traces laissées par les couches sur les différences faces des blocs. Il s'agit d'une introduction à **la représentation spatiale** des terrains. C'est une nécessité pour comprendre la part d'interprétation. Blocs et maquettes sont à conserver à portée de la main, ils resserviront.

La minute et le carnet de terrain correspondant sont alors à présentés dans leur contenu, en insistant toujours sur la signification des indications de pendage. L'étude de ces documents doit s'apparenter à un commentaire dirigé. La surface totale couverte par les points est à évaluer. Elle est à elle seule un discours sur la dimension interprétative de la carte.

A ce stade, la carte géologique doit être pensée comme une représentation plane de la disposition spatiale des terrains. Le travail sur le passage de la minute à la carte peut alors être envisagé.

2.2.2 L'argumentaire interprétatif

L'apprentissage s'appuie sur une proposition d'exercices de transformation de minutes artificielles simplifiées. Chaque exercice cherche à faire relier les points d'observations par la recherche d'arguments géométriques ou par la formulation d'une hypothèse que rien dans le document ne permet d'invalidier. Un essai de travail directement sur une minute est trop complexe et démotivant ; il ne peut être tenté qu'en fin d'apprentissage.

L'apprentissage proposé est découpé en étapes de difficultés progressives. Un travail sur l'espace guide les premières étapes : il est indispensable à la compréhension du rôle majeur de la géométrie dans la détermination du tracé des couches. L'allure en surface du sous-sol est déterminée à partir de l'espace géologique. Chaque étape doit concourir à la mesure des conditions de l'interprétation : la 5^e lui est plus particulièrement consacrée.

Ce choix de seulement cinq étapes pour une proposition d'expérimentation d'apprentissage est guidé par des raisons pratiques de faisabilité. Un apprentissage plus complet comporte un risque supplémentaire de rester inachevé.

Discutons quelque peu le contenu et les objectifs de ces cinq étapes. Chacune s'appuie sur une minute et son extrait de carnet.

2.2.2.1 Première étape

²⁶³ Dans le cadre de l'expérimentation conduite au troisième trimestre 1998, les enseignants avaient remis à chaque élève un bloc compact de polystyrène. Chacun devait modeler (sculpter) un relief avec une butte, ou une vallée et ses côtes... puis produire la carte topographique de sa maquette. Les études faites par la suite sur des cartes simplifiées (2D) étaient transposées au fur et à mesure sur leur maquette en 3D. De l'avis général des enseignants et élèves ces maquettes ont représenté une aide certaine à la représentation mentale de traces dans le plan.

Sur un fond topographique simplifié, comprenant quelques points cotés et deux ruisseaux, sont portés les points où le géologue a pu observer le sous-sol à l’affleurement. Le reste du temps, le sol ou la végétation masque le sous-sol. Ces points sont numérotés pour faciliter la correspondance avec l’extrait de carnet de terrain fourni. Tous les points observés ne sont pas notés dans le carnet. Le choix opéré n’a retenu en fait que quelques points, suffisants pour proposer une carte à partir de cette minute. L’objectif fixé à l’élève est de réunir ces points entre eux en proposant un tracé continue des couches à l’affleurement, là où il n’y a pour l’instant que quelques points.

Etape 1

Pour passer de la minute de terrain à la carte géologique, il faut relier entre eux les points (les affleurements) exposant les mêmes terrains. C'est ce qu'on appelle interpréter la minute, c'est un travail délicat car tous les tracés ne sont pas possibles.

1. Comparez les points d'observations A et B. Quelle hypothèse sur la disposition spatiale de ces terrains pouvez-vous émettre ? Quels points vous permettent de tester la validité de votre hypothèse ? Trouvez-vous un point qui la réfute ?

2. Appliquez votre hypothèse, si rien ne l'invalide, à la disposition du terrain 3. Il vous est possible de proposer une interprétation géologique de la minute, c'est à dire de tracer la continuité entre les points d'observations. Recherchez toujours le tracé possible le plus simple.

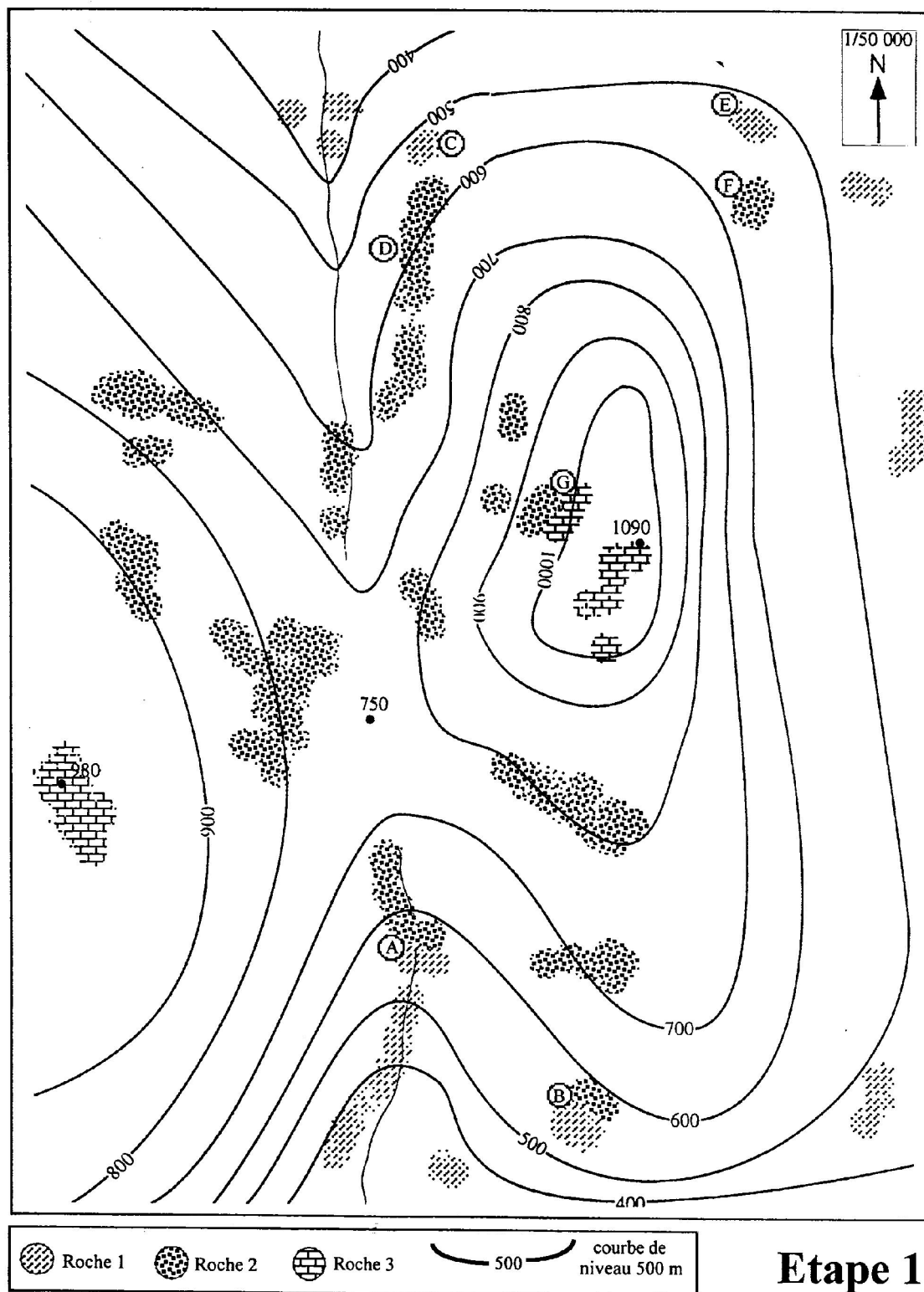
Vous avez implicitement supposé dans cette reconstitution, qu'un terrain était assimilable à un plan d'épaisseur constante. De même vous avez supposé que si le terrain 3 reposait en un point sur le 2, il en était partout de même. Ces deux hypothèses sont prises par défaut (sans qu'on les justifie) car elles sont les plus simples.

3. Regardez maintenant l'allure de votre carte géologique simplifiée. Comment peut-on savoir, seulement en regardant l'allure des contours des terrains sur votre carte, que les couches sont horizontales ?

Les points A et B sont des points de contact entre deux terrains. En l'absence d'indication contraire, il s'agit donc de la superposition de deux terrains qui se succèdent dans le temps, c'est une superposition stratigraphique. Dans les deux cas les terrains 1 sont à une même hauteur et les terrains 2 également. On peut raisonnablement supposer que ces terrains sont disposés horizontalement, le 2 au-dessus du 1. En ce cas en dessous de 575 m d'altitude on doit retrouver le terrain 1 et au dessus, le terrain 2. Les points C, D, E et F ne s'opposent pas à cette hypothèse. Aucun des points d'observation ne s'y oppose d'ailleurs. Si on applique cette hypothèse au terrain 3, le point G indique l'altitude inférieure de ce terrain. On peut donc interpréter la minute comme la superposition horizontale de 3 plans (les 3 terrains). Tout point à une altitude inférieure à 575 mètres est considéré comme appartenant au terrain 1, tout point entre 575 et 950 mètres comme appartenant au terrain 2, et tout point à une altitude supérieure à 950 mètres, comme appartenant au terrain 3.

L'utilisation d'une maquette en 3D de la carte de l'étape 1 (cette maquette peut servir aux cinq étapes puisqu'elles conservent la même topographie) permet à l'élève en déplaçant son regard d'enregistrer une série d'images des couches vues sous différents angles. Ceci facilite la vision spatiale globale.

Cette phase n'a posé aucun problème dans les 4 classes où elle fut expérimentée. Les enseignants ont ajouté un exercice, en demandant à leurs élèves de tracer sur une partie de leur maquette (un tiers) des couches horizontales. L'évaluation de ces tracés montre, qu'en dehors des inévitables problèmes pratiques, l'allure de l'intersection de plans horizontaux avec leur relief est tout à fait juste.



Etape 1

- A. Au niveau du ruisseau, des grès (roche 2) reposent sur des argiles (roche 1).
- B. Dans la pente, contact vers 575 m entre les grès et les argiles.
- C. Affleurement d'argiles.
- D. En remontant la pente vers 580 m, bancs de grès (roche 2).
- G. Une petite excavation à 950 m alt. montre un contact. Des calcaires massifs (roche 3) reposent sur les grès (roche 2).

Ce premier exercice rejoint celui qui avait été proposé par quelques auteurs de livres de 4^e. Il correspond à une situation particulière, très simple, comme on peut en observer dans le Bassin parisien. Le tracé relativement simple et aéré des courbes de niveau permet également, si l'élève a éprouvé des difficultés à se représenter mentalement le résultat de l'exercice, de construire le bloc diagramme correspondant. Il suffit pour cela de découper dans un carton plume chaque plan matérialisé par une courbe de niveau, puis de les juxtaposer et d'y reporter les points d'observations.

Si les couches sont horizontales, chaque limite entre deux couches peut être assimilée à un niveau d'eau.

2.2.2.2 Deuxième étape

Etape 2

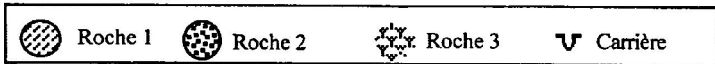
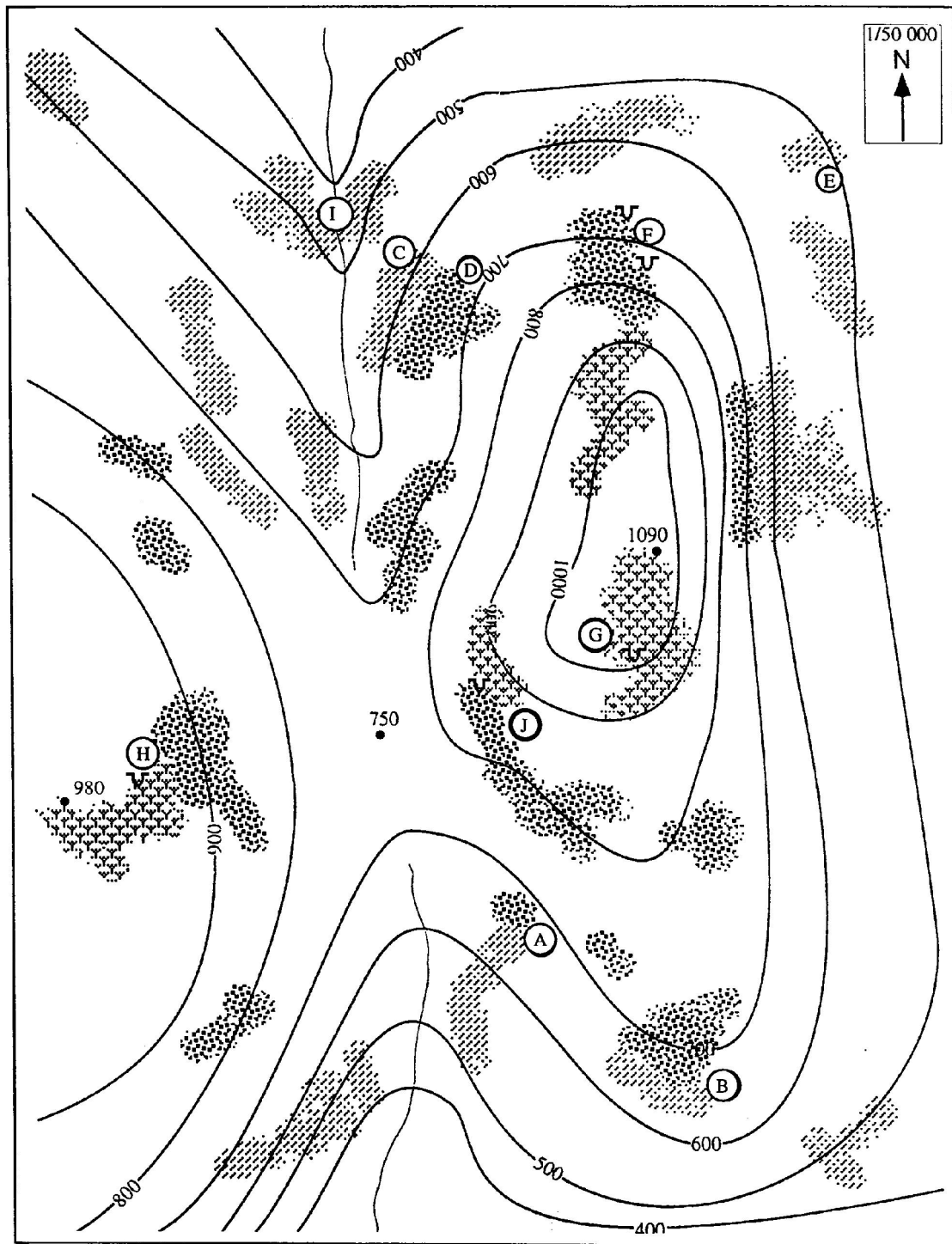
A partir de la minute et des notes du carnet de terrain, proposez un tracé de la carte géologique. C'est à vous de déterminer les contraintes imposées par les points d'observation et les hypothèses nécessaires au choix d'un tracé.

Le fond topographique et les points d'observation reportés sont peu différents des précédents. L'exercice introduit seulement un élément nouveau, une faille verticale, orientée N-S et empruntée par les ruisseaux. Il a suffi pour cela de modifier les points d'observations situés à l'ouest de cette faille. L'exercice est suffisamment proche du précédent pour laisser les élèves le conduire eux-mêmes. La faille est indiquée dans le carnet, elle pourrait être déduite.

En suivant la même démarche que précédemment, l'élève doit mettre en évidence que les points H et I réfutent son hypothèse. Les terrains ne sont pas à l'altitude à laquelle on les attend. Ils peuvent toutefois conserver cette hypothèse à condition d'en ajouter une deuxième : la faille verticale limite deux blocs Est et Ouest et le bloc Ouest est descendu par rapport au bloc Est. Les affleurements H et I contraignent son interprétation et l'obligent à formuler une nouvelle hypothèse. Celle-ci n'est pas invalidée par la minute, elle peut être conservée. La présence d'une faille est certifiée au point I par le carnet. L'alignement des deux ruisseaux n'est pas une contrainte mais une disposition favorable à l'hypothèse retenue. En absence d'éléments d'invalidation, une addition de dispositions favorables conforte une hypothèse.

Bien sûr une somme d'arguments favorables n'a jamais validé une hypothèse ; un seul argument défavorable peut par contre l'invalider. L'élève est en situation de s'en rendre compte à travers ces exercices.

Ces deux étapes s'appuyaient sur des éléments de géométrie spatiale relativement simples (plans horizontaux ; décalés par un plan vertical dans la deuxième étape). Les étapes suivantes font appel à des représentations spatiales plus complexes : il n'est pas possible de séparer ce travail sur l'interprétation, d'un travail sur l'espace. Ce dernier n'est pas l'objectif visé mais un passage obligé pour y parvenir. Le travail en autonomie doit permettre de retourner si nécessaire à une représentation des minutes proposées sur des maquettes en 3D.



Etape 2

- A. Contact entre des marnes à la base (roche 1) et des grès au sommet (roche 2) ; altitude 675 m.
- B. La roche 2 repose à l'horizontal sur la roche 1.
- C. Affleurement des marnes en bordure de talus.
- D. Affleurement de grès : le contact avec les marnes est bien visible.
- E. Affleurement des marnes.
- F. Anciennes carrières dans les grès : bancs horizontaux.
- G. Ancienne carrière dans un calcaire récifal (roche 3)
- H. Contact entre les grès et les calcaires vers 950 m d'alt.
- I. Les marnes affleurent dans le lit du ruisseau : elles sont coupées par une faille verticale de direction N-S.
- J. Contact entre les grès et les calcaires : bancs horizontaux.

2.2.2.3 Troisième étape

Le cas des couches sédimentaires horizontales est limité aux bassins sédimentaires non déformés. Même en ce qui concerne le Bassin de Paris, les couches ne sont tangentes à l'horizontal

qu'au centre du bassin, elles sont légèrement inclinées sur les bords, formant par exemple à l'Est par érosion différentielle la série des côtes. L'exemple proposé ici est celui de 4 couches superposées inclinées de 10° vers le Nord.

Etape 3

Etape 3A :

Lisez précisément les notes du carnet et observez la minute en recherchant la trace générale que peut prendre chaque terrain. Déterminez les éléments nouveaux qui ne permettent plus de maintenir les hypothèses des étapes 1 et 2. Tracez les limites approximatives des quatre terrains.

Etape 3B :

Dans la carrière située au point B (500 m alt.) on observe le contact entre les couches de schistes (roche 3) et les couches de calcaires récifaux (roche 4). La roche 4 repose sur la roche 3. Des mesures du pendage du plan qui sépare ces deux couches ont été effectuées en plusieurs endroits de la carrière : elles indiquent un pendage de 10° vers le nord. Les couches sont orientées E-W.

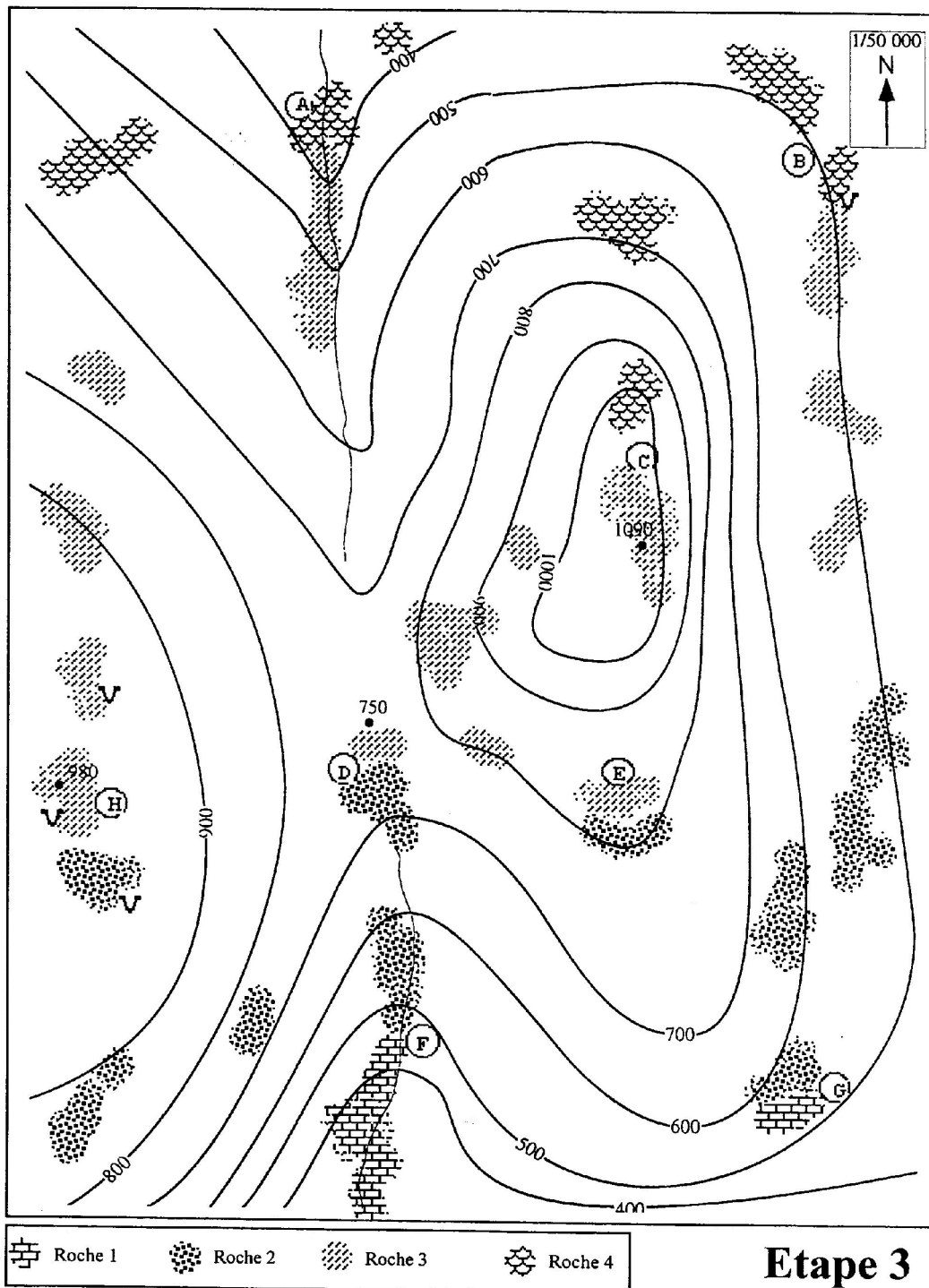
On considère que le pendage de ce plan est constant pour toute la carte. Vous connaissez la direction de la couche. Le plan de séparation de ces deux couches recoupe le plan d'altitude 500 m en deux autres points de cette carte. Repérez ces points.

Si ce plan est incliné de 10° vers le nord, en quels points de la carte ce plan coupe-t-il le plan d'altitude 400 m ?

Aidez-vous d'une maquette en 3D de votre carte. En traçant un plan d'une inclinaison choisie (45° , 30°) sur une des tranches, déterminez sa trace sur la surface topographique de la maquette.

En vous aidant du document sur la mesure d'un pendage et de la relation trigonométrique $\text{tg } \alpha = h/d$, déterminez géométriquement les points d'intersection des courbes de niveau et du plan de séparation des terrains 3 et 4. Faites de mêmes pour les autres terrains et tracez précisément la carte géologique.

Les tracés sont beaucoup plus délicats et deux niveaux de résolution sont proposés (étape 3A et 3B). Lorsque le géologue travaille à des échelles réduites, l'allure générale des couches, déduite de la disposition des points de la minute, lui suffit à proposer un tracé. Nous avons ici figuré un nombre d'affleurements plus élevé et quelques mesures de pendages pour aider au tracé. Les tracés approximatifs des contours sont suffisants pour l'échelle.



Etape 3

- A. Contact dans le ruisseau entre calcaires récifaux (roche 4) au nord et schistes (roche 3) au sud. Altitude 350 m.
- B. Contact dans une carrière entre les calcaires récifaux et les schistes ; pendage à 10° N, direction E-W. Altitude 500 m.
- C. Affleurement de calcaires récifaux au nord ; les schistes affleurent sur tout le sommet ; nombreux affleurements en redescendant vers le col.
- D. Contact entre les schistes et un grès (roche 2).
- E. Contact entre schistes et grès : pendage 10°N, direction EW.
- F. En descendant dans le ruisseau, les grès affleurent. Contact avec des calcaires au sud.
- G. Contact entre grès et calcaires.
- H. Carrières dans les schistes.

En reportant sur un transparent les différents tracés obtenus par les élèves, on peut introduire une discussion sur l'origine des différences observées. Certains points sont des points de passage obligés parce que le contact y est observé et décrit dans le carnet, d'autres sont probables. La transition peut donc se faire logiquement avec l'étape 3B. Elle revient à poser la question : comment déterminer le tracé géométriquement²⁶⁴ exact ?

²⁶⁴ Un tracé géométriquement exact s'appuie sur une modélisation géométrique des couches. Elles sont assimilées à des plans d'épaisseur et de pendages constants. Ce tracé peut bien sûr se révéler à l'observation comme géologiquement inexact.

Lorsque le géologue travaille à grande échelle (1/25 000 ou 1/10 000) ces tracés sont déterminés plus précisément par reconstruction spatiale des couches à partir des indications de pendages mesurés ou déduits par la règle des 3 points. Ce deuxième niveau de reconstitution est également proposé (étape 3B). Il fait appel à une construction géométrique, et au calcul d'un angle à partir de sa tangente. Complexe, cette construction peut donner lieu à un travail dirigé ou à une discussion appuyée sur l'utilisation de maquettes en courbes de niveau (avec possibilités de couper cette maquette selon le plan de la couche). Ce travail peut également être mené par groupes : une mise en commun ou une discussion avec l'enseignant sur le tracé obtenu est souhaitable. Cette construction permet après l'étape 3A de montrer que les choix, les interprétations, peuvent être contraintes géométriquement (sous l'hypothèse dans cet exemple d'un pendage constant).

Cette étape est la plus délicate de l'apprentissage, elle doit s'appuyer sur des maquettes en 3D avant de passer à la construction géométrique. Le rôle de l'enseignant peut être par moment plus directif. Il convient de relancer la problématique de diverses manières.

L'expérimentation conduite montre qu'une fois passée cette étape, les élèves qui avaient des difficultés dans un premier temps à déterminer la trace laissée par un plan secant à la topographie, ont franchi sans embûche les étapes 4 et 5. Le recours aux maquettes ne leur était plus alors nécessaire.

2.2.2.4 Quatrième étape

Etape 4

1. Essayez de réinvestir vos connaissances dans l'interprétation de cette minute. Quels sont les éléments nouveaux ? Quelle allure générale présentent les couches ?

Vous pouvez vous aider d'une coupe E-W passant par les points A et B. Lisez bien les notes du carnet, elles vous informent sur la disposition spatiale des terrains. Il peut s'agir si besoin d'une coupe réelle sur une maquette 3D, sinon essayez de la tracer sur papier (voir la fiche-guide sur la technique de construction d'une coupe géologique). Elle vous indiquera l'allure générale des terrains.

2. Tracez les contacts entre les différents terrains, soit approximativement, comme dans l'étape 3A, soit précisément si vous vous en sentez capable, comme dans l'étape 3B.

Le pli formé par les terrains est appelé anticlinal : les terrains les plus anciens sont dans l'axe. Un pli est reconnaissable sur une carte par la disposition des mêmes terrains de part et d'autre d'un axe (l'axe du pli).

3. Recherchez ce qu'est un synclinal. Comment pouvez-vous identifier sur une carte s'il s'agit d'un anticlinal ou d'un synclinal ?

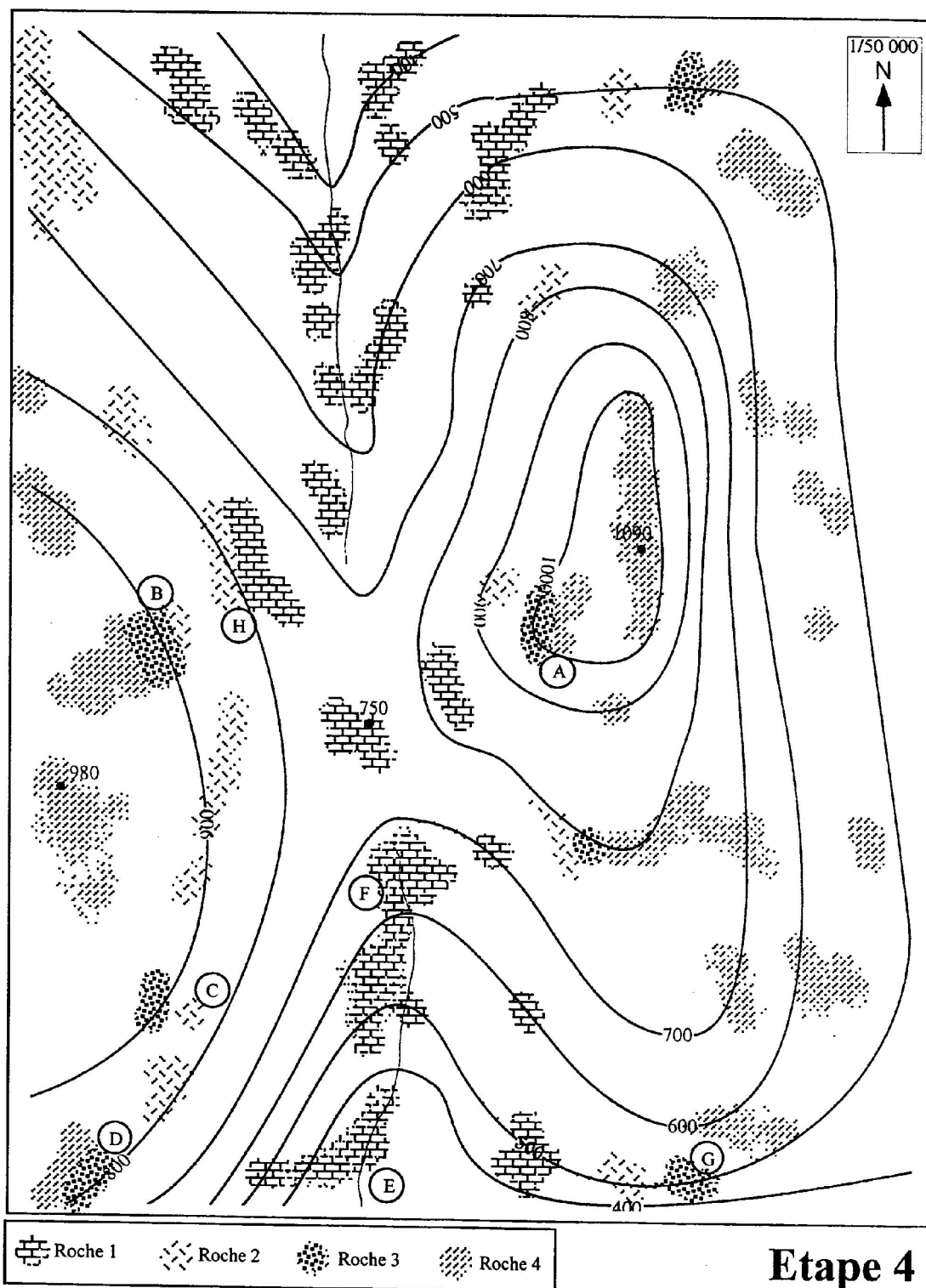
4. Supposons que le point H n'ait pas été observé, qu'est-ce que cela change à votre tracé ?

L'étape 4 présente un pli anticlinal d'axe N-S correspondant à peu près à l'emplacement des rivières. Cette étape a surtout pour objectif de faire réinvestir la précédente. La construction d'une coupe doit être utilisée ici comme un moyen de se représenter les deux pendages opposés et c'est tout. L'acquisition de la technique de la coupe n'est pas recherchée, ils peuvent l'exécuter à main levée, cela suffit.

Le tracé des limites peut se faire approximativement. L'intérêt est justement qu'ils recherchent les éléments qui contraignent leur tracé et mesure la part de liberté. L'hypothèse géologique de couches à pendage constant (partie Est ou partie Ouest) constitue pour le cartographe

une contrainte géométrique. Elle oriente plus précisément la trace de ses contours de terrains. La comparaison d'un tracé sans utiliser cette contrainte (type 3A) avec un tracé précis contraint par le respect des pentages, doit être discutée avec les élèves, non pas en terme de vrai et de faux, mais en terme d'interprétation plus ou moins personnelle.

Si on retire le point H, les tracés sont moins contraints parce qu'il n'est plus possible de calculer l'épaisseur du terrain 2. Les élèves ne l'auront certes probablement pas fait, mais même sans cela, ils ont plus de difficulté à déterminer où faire passer leurs limites entre les terrains 1 et 2. Ce petit exemple doit permettre de montrer que l'augmentation du nombre des observations réduit la part de l'interprétation. Les révisions des cartes permettent régulièrement de modifier quelques tracés grâce à des observations nouvelles.



Etape 4

A. Contact entre schistes (roche 4) et grès (roche 3) ; mesure de pendage à la faveur d'une excavation, 20° à 25° E, orientation NS.
 B. A la faveur d'un chemin on suit en continu le sous-sol ; passage d'une arkose (roche 2) au grès (roche 3) puis au schiste (roche 4).
 C. Arkose ; pendage 10° W à 15° W, direction NS
 D. Contact entre grès (roche 3) et schiste (roche 4).

E. Les calcaires (roche 1) affleurent de part et d'autre du lit du ruisseau, jusqu' à sa source en F.
 G. Petit affleurement à la faveur d'une fosse dans les grès.
 H. Contact entre arkose et calcaire ; pendage 10° W, direction NS

2.2.2.5 Cinquième étape

Etape 5

Le paysage de prairie et de landes à bruyères sur les grès permet d'observer assez fréquemment le sous-sol. Le point coté 1090 est un petit promontoire granitique où une carrière est toujours en exploitation. Cette minute bien qu'artificielle présente une densité d'observation très proche de la réalité courante du bocage breton.

1. Après avoir lu en détail le carnet et recherché la signification pétrographique des roches observées tracer les contours des terrains en expliquant par écrit votre raisonnement et en justifiant vos choix et hypothèses.

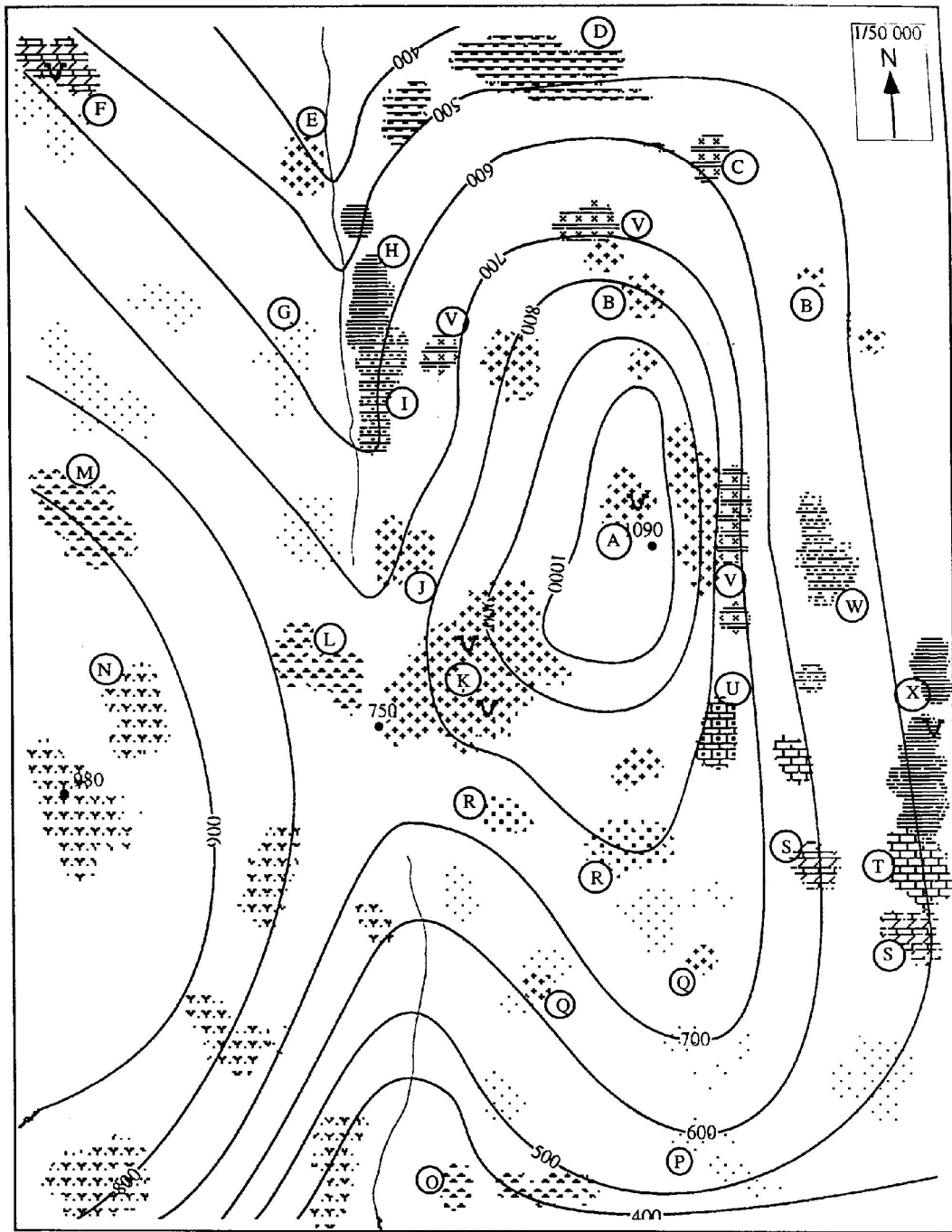
2. Rédigez la chronologie des événements géologiques que traduit votre tracé.

Cette étape permet tout d'abord de confronter les élèves avec un document plus proche de la réalité que les minutes précédentes. Les informations du carnet sont moins retraitées que précédemment.

La minute indique 12 roches différentes. Schistes, grès et calcaire sont des roches sédimentaires. Les mesures de pendage indiquent que ces terrains sont relevés à la verticale. Les schistes tachetés, la cornéenne à andalousite, la quartzite, le marbre sont des roches métamorphiques : elles peuvent provenir d'un métamorphisme de contact dans des terrains sédimentaires de type schiste, grès et calcaire. C'est bien sûr l'hypothèse attendue. Le granite en se mettant en place dans une série sédimentaire déformée (verticalisée) a développé une auréole de métamorphisme. Le degré de transformation diminue lorsque l'on s'éloigne du granite. Au contact du granite les schistes ont été transformés en cornéenne, le calcaire en marbre et le grès en quartzite. L'effet thermique est suffisant à des distances supérieures pour transformer le schiste en schiste tacheté.

Le tracé des limites des auréoles est guidé par cette logique géologique. La pétrographie et la connaissance de la genèse des roches oriente ici l'interprétation vers un contexte géologique donné. Le géologue va penser les affleurements autour du granite en terme d'auréoles. Les terrains sédimentaires sont en revanche toujours considérés comme des couches juxtaposées d'épaisseur constante. Le choix de terrains déformés jusqu'à la verticale facilite nettement l'interprétation : la largeur d'affleurement est égale à l'épaisseur, elle reste donc constante. Cette information doit être trouvée par l'élève à partir de sa représentation spatiale des terrains. Elle va déterminer le maintien de la même largeur de part et d'autre de la faille.

Les mesures de pendage indiquent que les terrains sont à la verticale. La trace de leur intersection avec la surface topographique est donc aisée à représenter. L'orientation constante permet de poursuivre les affleurements par des droites indiquant le prolongement théorique des affleurements. Le décalage géométrique entre les parties ouest et est est suffisamment marqué pour poser le problème de la continuité.



- | | | | |
|--|----------------------------------|--|-----------------------------|
| | Roche 1 : schiste à Polypiers | | Roche 6 : schiste ardoisier |
| | Roche 2 : schiste à Brachiopodes | | Roche 7 : calcaire |
| | Roche 3 : grès | | Roche 8 : marbre |
| | Roche 4 : quartzite | | Roche 9 : schiste tacheté |
| | Roche 5 : calcaire marneux | | Roche 10 : cornéenne |
| | | | Roche 11 : schiste grossier |
| | | | Roche 12 : granite |

Etape 5

Extraits du carnet de la minute 5 :

- A. Le sommet de la butte est formé par un chaos granitique; le granite affleure régulièrement dans les différentes directions ; il passe vers l'Est à une cornéenne.
 B. "Boules" de granite.
 C. Schistes grossiers "tachetés".
 D. Schistes grossiers bien visibles autour de la ferme de la

Bretonnière ; la roche affleure en continue sur de larges surfaces. Roche 11 comme en C, mais sans les taches.

- E. Granite en rive ouest du ruisseau ; les contours ne sont pas visibles, le sol est épais en cet endroit quelques blocs un peu plus bas dans le ruisseau.
 F. Trou d'eau dans une ancienne carrière ; contact vertical entre les schistes à Brachiopodes (roche 5) au nord et grès (roche 3) au sud. Pendages à 80, 90° orientation N130°.

G. En suivant la courbe de niveau de F à G, nombreux blocs de grès dans le talus de la haie. Bel affleurement de grès au point G.

H. Schistes ardoisiers en rive est du ruisseau, passent à des schistes tachetés en I. En remontant le ruisseau sur cette rive on trouve des granites sur le col en J.

K. Carrières dans le granite. Le point coté 750 m est sur le granite, mais schistes à Brachiopodes juste à l'ouest en L.

M. Affleurement des schistes à Brachiopodes; mesures de pendages sur plan de stratification 80 à 90°, orientation N 120° à N130°.

N. En allant vers le sommet (980 m) affleurement de schistes à Polypiers; quelques beaux échantillons peuvent être récoltés dans les dalles qui affleurent dans la descente vers le ruisseau ;

couches verticales.

O. Schistes à Brachiopodes, peu fossilifères; orientation N130°.

P. Grès

Q. Boules de granites sur les grès.

R. Bancs de quartzites bien en relief dans la lande, juste avant de rejoindre le granite vers 800 à 850 m.

S. Calcaires marneux. En remontant vers le nord le chemin qui suit la courbe de niveau 500 m, on passe de ces calcaires marneux, à un beau calcaire noir en T, puis à des schistes ardoisiers. Orientation générale N120° à N130°.

U. Des blocs de marbre noir dans le prolongement des calcaires.

V. La rupture de pente est marquée par une cornéenne.

W. Schiste tacheté. Différent par la teinte de celui observé en C.

X. Carrières dans les schistes ardoisiers relevés à la verticale.

La continuité des terrains sédimentaires est rompue par une faille N-S, empruntée par les deux ruisseaux. Elle décale vers le Nord la moitié ouest de la minute. L'allure générale des affleurements suffit à poser cette hypothèse. Elle est confortée par l'absence de métamorphisme à l'ouest du point coté 750 m, par l'affleurement de granite en bordure ouest du ruisseau et par la différence des terrains de part et d'autre de ces ruisseaux. L'élève doit trouver des arguments qui justifient son hypothèse. Le géologue s'appuie sur des arguments géométriques, pétrographiques et géomorphologiques.

L'affleurement de calcaire, au point "T" de la minute, étant encadré par deux autres terrains, l'élève peut en calculer l'épaisseur. Il peut évaluer d'après la direction des couches la largeur approximative des calcaires marneux (juste au sud de "T"). S'il reporte celle-ci dans le nord-ouest de la carte, il est conduit à émettre l'hypothèse de la présence masquée de calcaires au contact de la faille.

Les boules de granites observées dans les champs, présentent une taille réduite. Elles ne peuvent être garanties en place. L'élève en recherchant le tracé le plus simple, en observant la topographie et cet isolement des blocs doit émettre l'hypothèse de blocs glissés.

Nous venons de donner ici quelques exemples des nombreux arguments qui vont orienter le tracé de la limite des roches et terrains. L'élève en trouvera une partie en cherchant à justifier ses tracés. Il est important que ces arguments et tracés soient discutés : entre élèves ou avec l'enseignant. Ce dernier peut proposer des arguments supplémentaires qui n'auraient pas été vus par l'élève, ils justifient d'autant le choix des tracés.

Cette étape doit permettre véritablement à l'élève de se rendre compte que la construction de la carte s'appuie sur l'élaboration d'hypothèses déterminées par l'analyse des observations et les savoirs géologiques, géométriques, géomorphologiques. Il peut observer par la même occasion que si parfois les arguments sont suffisants pour imposer précisément un tracé, à d'autres moments ils font défaut et l'hypothèse est beaucoup plus libre, d'une certaine manière beaucoup plus personnelle.

Cette étape n'a pas posé de problèmes particuliers à la classe qui l'a expérimentée²⁶⁵.

²⁶⁵ Sur les quatre classes qui expérimentaient cet apprentissage en 1998, une seule a eu le temps d'effectuer la 5^e étape. Les autres classes ont pris du retard dans la programmation des étapes à cause des jours fériés et des ponts.

Conclusion générale

Cette étude a permis d'établir un bilan général sur l'enseignement d'un savoir dans le secondaire, depuis son introduction. Elle constitue de ce fait un cadre pour des recherches plus ciblées sur certains des aspects soulevés : historiques, géologiques ou didactiques. Elle positionne l'enseignement de la carte géologique dans le secondaire, par rapport à l'histoire de la carte (histoire des sciences), par rapport à l'histoire générale des disciplines scolaires (histoire de l'enseignement), par rapport à l'histoire des concours de recrutement (histoire du corps enseignant).

Ce travail a permis de préciser la diversité historique de la carte géologique française moderne. Il fournit également des éléments et repères pour une histoire de l'enseignement des sciences de la Vie et de la Terre (sciences naturelles) ou au moins de la géologie. Il établit un historique des épreuves de cartographie dans les concours de recrutement. Le bilan sur les savoirs enseignés appuyé sur un échantillon de près de 150 manuels scolaires échelonnés sur 150 ans propose une approche plus quantitative des analyses didactiques des manuels.

La carte géologique est un savoir savant particulier par sa forme mais semblable à tout autre savoir par son fond. Elle est une synthèse d'observations interprétées grâce aux savoirs théoriques du moment. Elle est donc un reflet de l'avancement des connaissances. Elle se démarque par son codage graphique qui permet de multiples lectures techniques en associant sur un plan les trois dimensions de l'espace et la quatrième dimension que représente le temps.

Elle est enseignée dans le supérieur de manière traditionnelle. Elle a fait l'objet dans le secondaire d'un enseignement limité à quelques aspects techniques, voire à un simple rôle géographique.

La carte géologique détaillée est trop complexe pour être un objet d'étude dans le secondaire. Les connaissances nécessaires à son exploitation pertinente sont supérieures aux objectifs fixés dans ces classes. En revanche, elle pourrait constituer un outil de travail pour des apprentissages plus généraux sur la représentation spatiale des objets, la construction interprétative d'un savoir scientifique ou les conditions de l'observation. L'utilisation dans ces conditions et pour ces objectifs de documents artificiels paraît pertinente. Elle permet dans un second temps une compréhension plus juste du document réel.

La représentation spatiale des objets est une condition nécessaire à la construction de savoirs géologiques opérationnels. L'étude du codage cartographique de l'espace géologique est une étape clé.

Les conditions de construction d'un savoir scientifique sont passées sous silence dans l'enseignement. Un travail sur les conditions de construction intellectuelle de la carte géologique participe d'une approche épistémologique du savoir.

L'observation, maître mot de l'enseignement des sciences de la Vie et de la Terre, reste une notion bien souvent vide de sens. Un travail sur les conditions de l'observation géologique lors du lever d'une carte peut constituer une contribution à une appropriation opérationnelle de cette notion.

Cette étude sur l'enseignement de la carte géologique dans le secondaire conduit à proposer des pistes pour une autre utilisation dépassant le contenu disciplinaire en cherchant à contribuer à la formation plus générale d'une réflexion scientifique.

Bibliographie

(Seuls les documents cités dans le corps du texte et en notes de bas de pages sont présentés dans cette bibliographie. Les livres scolaires étudiés dans ce travail sont également listés en annexe par ordre alphabétique des maisons d'édition.)

1. ABRARD, R. 1948. Géologie de la France. Paris : Payot.
2. ALBERTINI, P. 1992. L'école en France : XIX^e-XX^e siècle, de la maternelle à l'université. Paris : Hachette, Coll. Hachette Supérieur, p. 161.
3. ANDREIEFF, P. 1997. Notes d'orientation pour l'établissement de la carte géologique de France à 1/50 000. 3^e éd. Comité de la carte géologique de la France, P. Andreieff, eds. Orléans : B.R.G.M.
4. B., E.-H. 1877. Atlas de Géologie primaire comprenant les notions élémentaires de la géologie stratigraphique, exposées d'après une méthode nouvelle. Paris : Eugène Belin, 72 p.
5. BALLEST, R. 1953. Géologie, classe de 4^e. Cours de sciences naturelles. Paris : Hachette, 344 p.
6. BALLEST, R. et SALVAING, A. 1959. Géologie. Sciences naturelles. Paris : Hachette, 224 p.
7. BARDINTZEFF, J.-M., DUBACQ, J.-P. et BAEHR, J.-C. 1995. Réussir le capes et l'agrégation des sciences de la vie et de la Terre. Paris : Masson, p. 82.
8. BELHOSTE, B. 1989. Les caractères généraux de l'enseignement secondaire scientifique de la fin de l'Ancien Régime à la Première Guerre mondiale. *Histoire de l'Education*, N°41, janvier 1989, pp. 3-45.
9. BELHOSTE, B. 1995. Les sciences dans l'enseignement secondaire français : textes officiels. t. 1., 1789-1914. Paris : INRP/Economica.
10. BERGERON, J., DUCROZ, M. et GOHAU, G. 1973. Documents pour l'introduction à l'étude des sciences de la Terre, Géologie 4^e, Eveil à la vie. Collection Marcel Oria. Paris : Hatier, 160 p.
11. BERGERON, J., GOHAU, G., HERVE, J.-C., LEMAITRE, J.-P. et MONIER, J. 1979. Géologie, biologie humaine, 4^e. Eveil à la vie. Paris : Hatier, 176 p.
12. BERGERON, J., GOHAU, G., HERVE, J.-C., LEMAITRE, J.-P. et MONIER, J. 1980. Biologie humaine, géologie, 3^e. Eveil à la vie. Hatier, Paris, 208 p.
13. BESSOT, A. et VERILLON, P. 1993. Espaces graphiques et graphisme d'espaces. Paris : La Pensée sauvage.
14. BEUDANT, F.-S. 1843 ? Cours élémentaire d'histoire naturelle, à l'usage des Collèges, des Séminaires et des Maisons d'Education. Paris : Langlois et Leclercq, Victor Masson, 335 p.
15. BEUDANT, F.S., 1858. Minéralogie. Cours élémentaire d'Histoire naturelle, à l'usage des lycées, collèges, séminaires et maisons d'enseignement. Paris : L. Langlois.
16. BILLARD, A., TOUREN, C., BILLARD, M. 1932. Sciences naturelles, 1^{re}, 2^e et 3^e années EPS. Paris : Hatier.
17. BIOGEOL. 1979. Sciences naturelles, 4^e. Paris : Magnard, 160 p.
18. BIOGEOL. 1979. Sciences naturelles, 4^e, livre du professeur. Paris : Magnard, 192 p.
19. BIOGEOL. 1980. Sciences naturelles, 3^e. Paris : Magnard, 176 p.
20. BIOGEOL. 1983. Sciences naturelles, 4^e. Paris : Magnard, 176 p.
21. BIOT, J-B. 1816. Traité de physique expérimentale et mathématiques. Paris : Deterville, 4 vol.
22. BITON, J.-C. et al. 1993. Sciences de la Vie et de la Terre : option sciences expérimentales 1^{re} S. Paris : Nathan.
23. BODELLE, J. 1980. Evolutions géologiques de la France. Avant-propos. éd. par A. Autran et J. Dercourt : 26^e Congrès géologique international, colloque C7. *Mémoire du B.R.G.M.* N°107.

24. BONIN, B., DUBOIS, R. et GOHAU, G. 1997. Le métamorphisme et la formation des granites. Paris : Nathan.
25. BONNIER, G. 1893 ? Pierres et terrains. Eléments d'histoire naturelle. Paris : Paul Dupont, 173 p.
26. BONNIER, G. 1896 ? Cours complet d'histoire naturelle (Zoologie, Botanique, Géologie). Paris : Paul Dupont, 607 p.
27. BONTE, A. 1945. Introduction à la lecture des cartes géologiques, préf. de E. Raguin. Paris : Masson.
28. BOREAU, V. LARTIGUE, V. 1839. Cours méthodique d'histoire naturelle, d'après les plus célèbres naturalistes modernes. Paris : Hiver, 488 p.
29. BORIE, J.-L. 1972. Sciences naturelles, classe de 1re D. Tome II : géologie. Collection de sciences naturelles, Paris : Bordas, 192 p.
30. BOUANT, E. 1882. Eléments usuels de sciences physiques et naturelles. Paris : Jules Delalain et fils.
31. BOUANT, E. 1883. Eléments d'histoire naturelle des pierres et des terrains. Paris : Jules Delalain et fils.
32. BOUE, A. 1836. Guide du géologue-voyageur. Bruxelles, 2 tomes.
33. BOULET, V. et OBRE, A. 1939. Sciences naturelles, 4e A et B, 2e année des EPS et CC. Paris : Hachette, 506 p.
34. BOURREIL, G. 1949. Sciences naturelles. Géologie-Botanique, classe de 4e des cours complémentaires. Paris : Les éditions de l'école, 249 p.
35. BOURREIL, G. 1957. Sciences naturelles : Géologie, classe de 4e. Paris : Les éditions de l'école, 237 p.
36. BOUVIER, E.-L. et SIMIET, H. 1905 ? Histoire naturelle, 2e année. Bibliothèque des Ecoles Normales. Delagrave, Paris, 540 p.
37. BREMANT, A. 1913. Les sciences naturelles du brevet élémentaire, cours complémentaires. Paris : Hatier, 391 p.
38. BREMANT, A. 1935. Les sciences naturelles du brevet élémentaire. Géologie, Anatomie et Physiologie animale, Anatomie et Physiologie végétale, Hygiène, Puériculture. Paris : Hatier, 552 p.
39. BRESSE, G., SCHLEGEL, C., BONNET, E. 1939 ? Sciences naturelles : classe de 4^e et 2^e années EPS. Collection scientifique. Paris : J.-B. Baillièrre et fils, 424 p.
40. BRETON, D., DUPONT, M., FREYTET, P. 1980. Sciences naturelles, 3e. Paris : Technique & Vulgarisation, 160 p.
41. BRONGNIART, A. 1807. Traité élémentaire de minéralogie avec des applications aux arts, ouvrage destiné à l'enseignement dans les lycées nationaux. Paris : Deterville, 2 vol.
42. BRUCKER, E. 1928. Géologie, classe de 4e. Paris : Larousse, 336 p.
43. BRUNHES, J. et P. DEFFONTAINES. 1959. France géologique : carte murale au 1/ 1 000 000. Paris : Hatier.
44. CAHUZAC-LIEUZERE, S., FREYTET, P., LACASSAGNE, M., LEVEAUX-FLOCH, J. 1979. Sciences naturelles, 4e, livre du maître. Paris : Technique & vulgarisation, 48 p.
45. CAHUZAC-LIEUZERE, S., FREYTET, P., LACASSAGNE, M., LEVEAUX-FLOCH, J. 1979. Sciences naturelles, 4e. Paris : Technique & Vulgarisation, 128 p.
46. CALAMAND, C. et al. 1993. Biologie, Géologie, 1^{re} S. Sciences de la Vie et de la Terre. Calamand. Paris : Hachette Education, 382 p.
47. CALAMAND, C. et al., 1993. Biologie, Géologie, 2nd. Sciences de la Vie et de la Terre. Calamand. Paris : Hachette Education, 288 p.
48. CALAMAND, C. et al., 1994. Biologie, Géologie, T^{er}. S. Sciences de la Vie et de la Terre. Calamand. Paris : Hachette Education, 432 p.
49. CAMPAN et al. 1967. Biologie, Géologie, classe de 1re D. Paris : Hachette, 402 p.
50. CANDOL, A. P. (de). 1813. Théorie élémentaire de botanique ou Exposition des principes de la classification naturelle et de l'art d'écrire et d'étudier les végétaux. Paris : Deterville.
51. CAUSTIER, E. 1905. L'enseignement des sciences naturelles dans le premier cycle. In :

L'enseignement des sciences naturelles et de la géographie. Conférences du musée pédagogique. Paris : Imprimerie nationale, 211 p.

52. CAUSTIER, E. 1908. Histoire naturelle (anatomie, physiologie, paléontologie) : Philosophie A et B, Mathématiques A et B... Paris : Vuibert et Nony, 683 p.
53. CAUSTIER, E. 1912 ? Sciences naturelles (Anatomie, Physiologie, Géologie) et Hygiène : Classes de Philosophie et de Mathématiques. Paris : Vuibert, 767 p.
54. CAUSTIER, E. 1926. Les pierres et les plantes. Cours élémentaires de sciences naturelles. Paris : Vuibert, 324 p.
55. CHADEFAUD, M. et REGNIER, V. 1951. Sciences naturelles, classe de 4^e. Nouveau cours de sciences de l'enseignement du second degré. Paris : Delagrave, 303 p.
56. CHERVEL, A. 1988. L'histoire des disciplines scolaires, réflexions sur un domaine de recherche. *Histoire de l'Education*, N°38, mai 1988, pp. 59-119.
57. CHERVEL, A. 1993. Histoire de l'agrégation, contribution à l'histoire de la culture scolaire. Paris : INRP/éditions Kimé, 289 p.
58. CHEVALIER, G. 1992. Une révolution dans la conception des programmes, *In* : Sciences à l'école : les raisons du malaise. *Sciences et Vie*, hors série, N°180, septembre 1992, p.144.
59. CHEVENEMENT, J.-P. 1985. Apprendre pour entreprendre. Paris : Librairie générale française.
60. CHOPPIN, A. 1980. L'histoire des manuels scolaires : une approche globale. *Histoire de l'Education*, N°9, Paris : INRP, pp. 1-25.
61. CHOPPIN, A. 1986. Le cadre législatif et réglementaire des manuels scolaires. I. De la Révolution à 1939. *Histoire de l'Education*, N°29, juin 1986, pp. 21-58.
62. CHOPPIN, A. 1987. Le cadre législatif et réglementaire des manuels scolaires. II. De 1940 à nos jours. *Histoire de l'Education*, N°34, mai 1987, pp. 3-36.
63. CHOPPIN, A. 1992. Les manuels scolaires : histoire et actualité. Paris : Hachette Education, pp. 5-17.
64. Collectif. 1975. Notes d'orientation pour l'établissement de la carte géologique à 1/50 000. 2^e éd. Orléans : B.R.G.M.
65. Collectif. 1980. Carte géologique de la France et de la marge continentale à l'échelle du 1/1 500 000. Orléans : B.R.G.M.
66. COLOMB, G. et HOULBERT, C. 1903. Géologie, étude des phénomènes actuels. Paris : Armand Colin, 171 p.
67. CONTEJEAN, C. 1874. Eléments de paléontologie et de géologie. Paris : Baillièrre et fils, XX-747 p.
68. COOPER, L. A. 1990. Mental representation of three dimensional objects in visual problems solving and recognition. *Journal of experimental psychology : learning, memory and cognition*, 16, 6, pp. 1097-1106.
69. COUPIN, H. et BOUDRET, E. 1909. Géologie, premier cycle, classe de 4A et 5B. Enseignement secondaire des lycées et collèges. Paris : Nathan, 350 p.
70. COURTY, G. 1936. Cours de Géologie et de Minéralogie. 7 éd. augm. et entier. revue. Paris : Librairie de l'Enseignement Technique, Léon Eyrolles.
71. COUSIN, V. 1833. Sur l'instruction publique dans quelques pays d'Allemagne et particulièrement en Prusse. nouv. éd. Paris : Berger Levrault.
72. CUVIER, G. 1795. Tableau élémentaire de l'histoire naturelle des animaux. Paris : Baudouin, an VI (1795).
73. CUVIER, G. et BRONGNIART, A. 1811. Essai sur la géographie minéralogique des environs de Paris, avec une carte géognostique, et des coupes de terrain. Paris, VII + 287 p., 3 pl. color. dépl.
74. D'OMALIUS D'HALLOY, J.-J. 1808. Essai sur la Géologie du Nord de la France. *Journal des mines*, vol. XXIV, p. 123.
75. D'OMALIUS D'HALLOY, J. J. 1816. Mémoire sur l'étendue géographique du terrain des Environs de Paris. *Annales des mines*, 1, pp. 211-266 (paru 1817).
76. D'OMALIUS D'HALLOY, J.-J. 1822. Observation sur un essai de carte géologique de la France, des Pays-Bas et des contrées voisines. *In* : *Annales des Mines*, VII, pp. 353-376.
77. DAGUILLON, A. 1896. Cours complet d'histoire naturelle à l'usage des EPS de garçons et de

filles. 3^e année. Paris : Eugène Belin, 392 p.

- 78.DALBIS, L.-J. et CHAUVET, P. 1928. Sciences naturelles du Brevet élémentaire et 2^e année EPS. Paris : J. De Gigord, 238 p.
- 79.DARMEDRU, D. et *al.* 1990. Biologie, Géologie : Seconde, livre du professeur. Collection ADN. Paris : Hachette, 32 p.
- 80.DARMEDRU, D. et *al.* 1990. Biologie, Géologie : Seconde. Collection ADN. Paris : Hachette, 284 p.
- 81.De GUERNEL, F. 1841. Eléments d'histoire naturelle. Paris, Versailles : Maire-Nyon, Klefer.
- 82.De SAUVAGES, (abbé) P.-A., Boissier de la Croix. 1747. Mémoire contenant des observations de Lithologie, pour servir à l'Histoire Naturelle du Languedoc, & à la théorie de la Terre. *Mém. Acad. Roy. des Sciences*, (1752), p. 723.
- 83.DEBELMAS, J. 1974. Géologie de la France. 2 vol., Paris : Doin.
- 84.DEBRUNE, M., DEBRUNE, M.-P., BRUN-COTTAN, F. 1980. Fichier pédagogique . Sciences naturelles : biologie humaine, géologie, 3e. Cours Debrune. Paris : Belin, 112 p.
- 85.DEBRUNE, M., DEBRUNE, M.-P., BRUN-COTTAN, F. 1980. Sciences naturelles : biologie humaine, géologie, 3^e. Cours Debrune. Paris : Belin, 192 p.
- 86.DEBRUNE, M., DEBRUNE, M.-P., BRUN-COTTAN, F., VIENNET, C., BRUN-COTTAN, J. C. 1979. Sciences naturelles, Géologie, Biologie humaine, 4^e. Cours Debrune. Paris : Belin, 158 p.
- 87.DELAFOSSE, G. 1833. Précis élémentaire d'histoire naturelle. Paris : L. Hachette, 358 p.
- 88.DEMOUNEM, R. et *al.* 1990. Biologie Géologie Seconde. Paris : Nathan.
- 89.DEMOUNEM, R. et *al.* 1993. Sciences de la Vie et de la Terre, 1^{re} S. Paris : Nathan, 352 p.
- 90.DEMOUNEM, R. et *al.* 1993. Sciences de la Vie et de la Terre, 2^e. Paris : Nathan, 240 p.
- 91.DEMOUNEM, R. et *al.* 1994. Sciences de la vie et de la Terre : enseignement obligatoire, T^{er} S. Paris : Nathan, 384 p.
- 92.DEMOUNEM, R. et *al.* 1994. Sciences de la vie et de la Terre : enseignement de spécialité, T^{er} S. Paris : Nathan, 136 p.
- 93.DEMOUNEM, R., GOURLAOUEN, J., PERILLEUX, E. 1994. Sciences de la vie et de la Terre : enseignements obligatoire et de spécialité, T^{er} S. Livre du professeur. Paris : Nathan, 224 p.
- 94.DEMOUSSEAU, A. et HAUMESSER, J. 1949. Géologie et ères géologiques, classe de 4e. Paris : Masson, 302 p.
- 95.DENIS, M. 1979. Les images mentales. Paris : PUF, 294 p.
- 96.DESIRE, C. et *al.* 1978. Géologie, Biologie, 4^e. Paris : Bordas, 160 p.
- 97.DESIRE, C. et *al.* 1980. Biologie, Géologie, 3^e. Collection C. Désiré et R. Tavernier. Paris : Bordas, 192 p.
- 98.DESMAREST, N. 1771. Mémoire sur l'origine et la nature du Basalte à grandes colonnes polygones, déterminées par l'Histoire Naturelle de cette pierre, observée en Auvergne. *Mém. Acad. Roy. des Sciences*, pp. 707-775, pl. XV. (1774).
- 99.DHOMBRES, N. et DHOMBRES, J. 1989. Naissance d'un nouveau pouvoir : sciences et savants en France, 1793-1824. Paris : Bibliothèque historique Payot, 938 p.
- 100.DOLLE, J.-M. 1987. Réflexions épistémologiques concernant la représentation graphique de l'espace tridimensionnel. *In* : Le dessin technique. Coord. Pierre RABARDEL et Annie WEIL-FASSINA, Paris : Hermes, pp. 19-27.
- 101.DUFRENOY, A. P. et ELIE DE BEAUMONT, L. 1841. Carte géologique de la France, sous la dir. de A. Brochant de Villiers, Ministère des Travaux publics, Paris.
- 102.DUFRENOY, A. P. 1838. Mémoire sur l'âge et la composition des terrains de transition de l'ouest de la France. *Annales des Mines*, 3^e série, XIV, p. 213.
- 103.DUFRENOY, A. P. et ELIE DE BEAUMONT, L. 1841-1848. Explication de la carte géologique de la France, sous la direction de M. Brochant de Villiers. Paris : Imprimerie Royale, 2 tomes.
- 104.DUMERIL, C. 1804. Traité élémentaire d'histoire naturelle. Paris : Deterville.
- 105.DURIS, P. 1996. L'enseignement de l'Histoire naturelle dans les écoles centrales (1795-1802).

Rev. Hist. Sci., 49/1, pp. 23-52.

106. DUTILLEUL, J. et RAME, E. 1910 ? Les sciences physiques et naturelles, enseignement primaire, cours moyen et supérieur. Paris : Larousse, 288 p.
107. EISENMENGER, G. 1939. Sciences naturelles : Géologie et Botanique, classe de 4^e et 2^e année des EPS et Cours complémentaires. Paris : Nathan, 382 p.
108. EISENMENGER, G. et COUPIN, H. 1930. Manuel de sciences naturelles, 2^eme année EPS. Paris : Nathan, 346 p.
109. EISENMENGER, G. et COUPIN, H. 1932. Manuel de Sciences Naturelles, 1^{re} année des EPS. Enseignement Primaire Supérieur. Paris : Fernand Nathan, 254 p.
110. ELLENBERGER, F. 1982. Les premières cartes géologiques en France : projets et réalisations. Travaux du COFRHIGEO, N°45.
111. ELLENBERGER, F. 1983. Recherches et réflexions sur la naissance de la cartographie géologique, en Europe et plus particulièrement en France. *Histoire et Nature*, n° 22/23, pp. 3-54. (paru juillet 1985).
112. ELLENBERGER, F. 1988. Histoire de la géologie. T1. Paris : Tec et Doc. 352 p.
113. ELLENBERGER, F. 1994. Histoire de la géologie. T2. Paris : Tec et Doc. 381 p.
114. ESCALIER, J. et al. 1980. Biologie humaine, géologie, 3e. L'homme et la nature. Paris : Fernand Nathan, 162 p.
115. ESCALIER, J. et al. 1982. Biologie, Géologie, 1^{re} S. Collection J. Escalier. Paris : Fernand Nathan, 291 p.
116. ESCALIER, J. et al. 1987. Sciences et techniques biologiques et géologiques. Biologie, Géologie, 2^{de}. Collection J. Escalier. Paris : Fernand Nathan, 256 p.
117. ESCALIER, J. et al. 1988. Biologie, Géologie, 1^{re} S. Collection J. Escalier. Paris : Nathan, 320 p.
118. F., G.-M. 1922. Géologie, Etude des phénomènes actuels, classe de quatrième. Cours de sciences physiques et naturelles. Paris, Tours : J. de Gigord, A. Mame et fils, 276 p.
119. FABRE, J.-H. 1890. Sciences naturelles : Géologie, zoologie et botanique, 2^e année enseignement secondaire des jeunes filles. Enseignement secondaire des jeunes filles. Paris : Delagrave, 521 p.
120. FAIDEAU, F. et ROBIN, A. 1902 ? Conférences de géologie, classes de seconde A, B, C et D. Cours complet d'histoire naturelle à l'usage des lycées et collèges. Paris : Larousse.
121. FAIDEAU, F. et ROBIN, A. 1902 ? Géologie élémentaire, les phénomènes actuels. Cours complet d'histoire naturelle à l'usage des lycées et collèges. Paris : Larousse.
122. FAMIN, A. 1937. Sciences naturelles, 2^e année EPS. Paris : Hachette, 356 p.
123. FAURE, C. et al. 1993. Sciences de la Vie et de la Terre, 2^e. Paris : Belin, 238 p.
124. FERGUSON, J. et al. 1979. Géologie, biologie humaine : 4^e. Paris : SCODEL, 160 p.
125. FERGUSON, J. et al. 1980. Physiologie humaine, géologie, 3^e. Paris : SCODEL, 160 p.
126. FERGUSON, J. et al. 1983. Sciences naturelles, 4^e. Paris : SCODEL, 157 p.
127. FIGUIER, L. 1864. La Terre avant le déluge. Paris : L. Hachette et Cie, 472 p.
128. FOURCY, E. (de). 1844. Carte géologique du département du Finistère, au 1/84 600, en 6 feuilles.
129. FRAYSSE, A. 1927. Cours d'Histoire Naturelle, 2^e année des EPS. Enseignement Primaire Supérieur. Paris : Hachette, 234 p.
130. GERARD, F.-M. et ROEGIERS, X. 1993. Concevoir et évaluer les manuels scolaires. De Boeck Université.
131. GERVAIS, P., MARCHET, L., RAULIN, V. 1869. Notions élémentaires d'histoire naturelle. Paris : L. Hachette et Cie.
132. GILBERT, J. et MARTIN, C.A.F. 1839. Précis d'histoire naturelle. Géologie, Minéralogie, Botanique, I. Paris : Bureau de la bibliothèque ecclésiastique, 549 p.
133. GIRAUD SOULAVIE, J.-L. 1780. Géographie de la nature ou Distribution naturelle des trois règnes sur la surface de la Terre. Suivie de la Carte Minéralogique, Botanique...du Vivarais où cette distribution naturelle est représentée.
134. GODET, G. et al. 1987. Sciences et techniques biologiques et géologiques : La vie et la Terre,

2nde. Collection Godet-Kern. Paris : Istra-Casteilla, 272 p.

- 135.GODET, G. et al. 1988. La vie et la Terre, classe de première S. Paris : Istra-Casteilla, 320 p.
- 136.GOHAU, G. 1974. Programmes et manuels de géologie dans l'enseignement secondaire (1833-1882). *Histoire et Nature*, N°2, pp. 73-85.
- 137.GOHAU, G. 1990. Les sciences de la Terre au XVII^e et XVIII^e siècles, naissance de la géologie. Paris : Albin Michel, 420 p.
- 138.GOHAU, G. 1990. Une histoire de la géologie. 2^e éd., Paris : Seuil, 277 p.
- 139.GOHAU, G. 1994. Lavoisier, un géologue méconnu. *LA RECHERCHE*, 264, 25, pp. 436-437.
- 140.GOURLAOUEN, J. et al. 1982. Sciences naturelles, 1^{re} scientifique. Collection J. Gourlaouen. Paris : Hachette, 334 p.
- 141.GREARD, O. 1888. Education et Instruction, Enseignement secondaire. Paris : Hachette.
- 142.GUERRAND, R.-H. 1987. C'est la faute aux profs !. Paris : La Découverte, 198 p.
- 143.GUETTARD, J. E. 1746. Mémoire et carte minéralogique Sur la nature & la situation des terrains qui traversent la France et l'Angleterre. *Mém. Acad. Roy. des Sciences*, pp. 363-393.
- 144.GUETTARD, J. E. 1781. Carte minéralogique de la France. Paris : Dupain-Triel.
- 145.GUIGNON, G. 1936. Travaux pratiques de Sciences naturelles, à l'usage des écoles normales, des candidats au Brevet supérieur, au professorat des EN et des EPS, au concours d'admission aux ENS. Paris : Fernand Nathan, 215 p.
- 146.HAMON H. et ROTMAN, P. 1984. Tant qu'il y aura des profs. Paris : Seuil, Coll. L'épreuve des faits, p. 56.
- 147.HAUY, R.-J. 1801. Traité de minéralogie. Paris : Louis, 4 vol.
- 148.HERVE, J.-C. et al. 1982. Biologie, Géologie, 1^{re} S. Paris : Hatier, 320 p.
- 149.HERVE, J.-C. et al. 1987. Sciences et techniques biologiques et géologiques, seconde. Paris : Hatier, 288 p.
- 150.HULIN, N. 1984. Science qui se fait, science qui s'enseigne : à propos d'un document sur l'agrégation de sciences physiques, depuis 1869. *Histoire de l'Education*, N°21, janvier 1984, pp. 37-58.
- 151.HULIN-JUNG, N. 1989. L'organisation de l'enseignement des sciences. Paris : Editions du Comité des Travaux historiques et scientifiques.
- 152.JUSSIEU, A.-L. (de). 1789. *Genera plantarum secundum ordines naturales disposita*. Paris.
- 153.KOHN, R. C. et NEGRE, P. 1991. Les voies de l'observation. Repères pour la pratique de recherche en sciences humaines. Paris : Nathan.
- 154.KOSSLYN, S. M. 1980. Image and mind. Cambridge : Arvard University Press.
- 155.KOSSLYN, S. M. 1981. The medium and the message in mental imagery. *Psychological review*, 88, 46-66.
- 156.LABESSE, B. 1978. Cartes et photographies aériennes pour l'enseignement de la géologie et de la géomorphologie. Paris : CNDP.
- 157.LAKIN, S. et WELLINGTON, J. 1994. Qui enseignera l'épistémologie des sciences ? Conception d'enseignants sur la science et conséquences pour l'enseignement des sciences. *ASTER*, N°19, pp. 175-193.
- 158.LAMBERT, E. 1867. Géologie à l'usage des lycées, des séminaires, des établissements d'instruction publique. Nouveaux éléments d'histoire naturelle. Paris : F. Savy.
- 159.LANGLEBERT, J. 1889. Histoire naturelle. Cours élémentaire d'études scientifiques. Paris : Delalain frères successeurs, 628 p.
- 160.LARUE, R., HATEM, J., GELE, J., MAISONHAUTE, M. 1979. Sciences naturelles, géologie/biologie humaine, 4^e. Paris : Classique Hachette, 176 p.
- 161.LARUE, R., HATEM, J., GELE, J., MAISONHAUTE, M. 1980. Sciences naturelles, biologie/géologie, 3^e. Paris : Hachette, 176 p.
- 162.LAUNAY, L. (de). 1921. Géologie de la France. Paris : Colin.
- 163.LAUNAY, L. (de). 1926. Géologie pratique et petit dictionnaire technique des termes géologiques les plus usuels. 6 éd. Paris : Armand Colin.
- 164.LAUVERJAT, J. et al. 1988. Biologie, Géologie, 4^e. Paris : Hachette, 207 p.
- 165.LAZERGES, E. 1940. Sciences naturelles, Classes de 4^e A et B, 2^e année des EPS. Paris :

Armand Colin, 292 p.

- 166.LAZERGES, E. 1942. Zoologie, Géologie, classe de 5^e. Paris : Armand Colin, 444 p.
- 167.LE BELLEGARD, M. et al. 1993. Sciences de la Vie et de la Terre, Première S. Hatier, Paris, 352 p.
- 168.LE BELLEGARD, M. et al. 1993. Sciences de la Vie et de la Terre, Seconde. Paris : Hatier, 288 p.
- 169.LEDOUX, P. 1918. Leçons pratiques de sciences physiques et naturelles... cours supérieur et complémentaire. Paris : Librairie Hachette et Cie, 440 p.
- 170.LEGEE, M. 1948. Réalisation d'une carte en relief. *Information scientifique*, N°. Paris.
- 171.LELIEVRE, C. 1990. Histoire des institutions scolaires (1789-1989). Paris : Nathan.
- 172.LEMOINE, P. 1938. Sciences naturelles : Géologie, 4^e. Paris : Delagrave.
- 173.LEROY, C., BRUN-COTTAN, F., CAYET, F., RULLIER, B., VIAUX, C. 1988. Géologie, Biologie, 4^e. Paris : Belin, 192 p.
- 174.LISTER, M. 1684. An ingenious proposal for a new sort of maps of countreys, *Phil. Trans.*, vol. XIV, p. 739-746.
- 175.MATTAUER, M. 1996. Carte géologique de la France au millionième, *Pour la Sciences*, n° 228, oct. 1996, pp. 110-112.
- 176.MAYEUR, F. 1981. Histoire générale de l'enseignement et de l'éducation en France. t. III, sous la direction de Louis-Henri Parias. G.-V. Paris : Labat, p. 550.
- 177.MEUNIER, V. 1842. Dictionnaire élémentaire d'histoire naturelle. Paris.
- 178.MILNE-EDWARD, A. 1841. Précis d'histoire naturelle. Paris : Masson, 269 p.
- 179.MILNE-EDWARDS, H. et COMTE, A. 1853. Cahiers d'histoire naturelle : Géologie. Paris : Victor Masson, 163 p.
- 180.Ministère de l'Education Nationale. 1985. Collèges : programmes et instructions. Paris : CNDP/MEN/Livre de Poche.
- 181.Ministère de l'Education Nationale. 1986. Les lycées demain. Paris : CNDP/MEN/Livre de Poche.
- 182.MIRBEL, C. F. (Brisseau de). 1815. Eléments de physiologie végétale et de botanique. Paris : Marginel, 3 vol.
- 183.MORERE, J.-L. et al. 1985. Sciences naturelles : les êtres vivants dans leur milieu. 2^{nde}. Paris : Hachette, 239 p.
- 184.MORERE, J.-L. et al. 1987. Sciences et techniques biologiques et géologiques, 2^{nde}. Paris : Hachette, 256 p.
- 185.MULSANT, E. 1860. Cours élémentaires d'histoire naturelle. Géologie. Paris : Magnin, Blanchard et Cie, 143 p.
- 186.OBRE, A. 1947. Sciences naturelles, géologie : classe de 4^oA et B. Cours V. Boulet et A. Oubrè. Paris : Hachette, 378 p.
- 187.ORBIGNY, C. (d'). 1849. Dictionnaire universel d'histoire naturelle.
- 188.ORBIGNY, C. (d'). et WEGMANN, (de). 1842-1844. Dictionnaire abrégé d'histoire naturelle.
- 189.ORIA, M. 1946. Géologie, botanique. Classe de 4^e classique et moderne. Paris : Hatier, 350 p.
- 190.ORIA, M. 1947. Sciences d'observation : Géologie, Botanique : classe 4^e cours complémentaires. Paris : Hatier, 352 p.
- 191.ORIA, M. 1959. Géologie, classe de 4^e classique et moderne. Paris : Hatier, 331 p.
- 192.ORIA, M. 1963. Sciences naturelles : 4^e. Géologie. Nouveau cours Oria. Paris : Hatier, 240 p.
- 193.ORIA, M. et al. 1969. Biologie-Géologie : livre de documentation à l'usage des Professeurs 1^{re} D. Cours Oria. Paris : Hatier, 192 p.
- 194.ORIA, M. et al. 1970. Géologie Biologie, 1^{re} D. Cours Oria. Paris : Hatier, 384 p.
- 195.ORIA, M., 1973. Géologie 4^e : documents pour l'introduction à l'étude des sciences de la terre. Paris : Hatier.
- 196.ORIEUX, M. 1952. Sciences d'observation, classe de 4^e des Cours Complémentaires. Paris : Hachette, 298 p.
- 197.ORIEUX, M. et EVERAERE, M. 1966. Sciences naturelles, 4^e. Paris : Hachette, 254 p.
- 198.ORIEUX, M. et EVERAERE, M. 1973. Sciences naturelles, 4^e. Paris : Hachette, 206 p.

199. PARIAS, L.-H. 1981. Histoire générale de l'enseignement et de l'éducation en France. sous la dir. de L.-H. Parias. 4 vol. Paris : Nouvelle librairie de France.
200. PERILLEUX, E. et al. 1988. Biologie, Géologie, 4^e. Sciences et techniques d'aujourd'hui. Paris : Nathan, 239 p.
201. PERILLEUX, E. et al. 1995. Biologie-Géologie, 4^e. Paris : Nathan, 191 p.
202. PICHARD, P., LEROY, C., MERCIER, R., LETOLLE, R., MERCIER, J. 1967. Travaux pratiques de sciences naturelles, 1^{re} D. Paris : Armand Colin, 128 p.
203. PIOBETTA, J.-B. 1937. Le Baccalauréat. Paris : J.-B. Baillièrre et fils.
204. POMEROL, Ch. et BLONDEAU, A. 1968. Initiation à la géologie pratique, préf. de R. Balland. Paris : Editions Boubée & Cie.
205. PRIEM, F. 1888. Cours de géologie. Classe de 5^e. Paris : Ancienne maison Quantin/Librairies-imprimeries réunies.
206. PROST, A. 1977. Histoire de l'enseignement en France, 1800-1967. Paris : Armand Colin, 2^e éd., p. 21. (Collection U).
207. RAGON, A. 1961 ? Cahier de travaux pratiques expérimentaux : l'homme et la nature, classe de 5^e. Paris : Fernand Nathan.
208. Réunion de professeurs. 1932. Cours d'Histoire naturelle pour le brevet élémentaire : les 3 années réunies. Paris, Tours : J. De Gigord, Librairie générale A. Mame et fils.
209. Réunion de Professeurs. 1935. Cours d'histoire naturelle : les trois années réunies (brevet élémentaire). Paris : Librairie générale, 546 p.
210. RUDEL, A. et TREILHOU, C. 1974. Géologie 4^e. Collection de Sciences naturelles. Paris : Bordas, 224 p.
211. RUSSO, F. 1989. Nature et méthode de l'histoire des sciences. Paris : Librairie scientifique et technique Albert Blanchard, 503 p.
212. SAVATON, P. 1994. Part de l'interprétation dans la carte géologique. Mémoire de DEA, Université Paris VII. 109 p.
213. SAVATON, P. 1995. La carte géologique : représentations d'élèves de classe de Première scientifique. In : Représentations et obstacles en géologie, *ASTER*, N°20. INRP, Paris. pp. 139-164.
214. Service Géologique des Mines. 1873. Avertissement, à la présentation en 6 volumes de la Carte géologique détaillée de la France exécutée sur la carte topographique de l'Etat-Major. Paris : Imprimerie nationale.
215. Société Géologique de France. 1984. Histoire de la Terre notre planète. Paris : S.G.F., 192 p.
216. SONNET, DELAFOSSE, QUICHERAT. 1837. Notions de physique et de chimie, leçons d'histoire naturelle et principes raisonnés de la musique. Paris : Hachette.
217. TATON, R. 1995. La science contemporaine, T. 1 : Le XIX^e siècle. Paris : Quadrige/PUF, 757 p.
218. TAVERNIER, R. et al. 1987. Biologie seconde. Collection Tavernier. Paris : Bordas, 271 p.
219. TAVERNIER, R. et al. 1988. Biologie, géologie, première S. Collection Tavernier. Paris : Bordas, 352 p.
220. TAVERNIER, R. et al. 1988. Géologie, Biologie, 4^e. Paris : Bordas, 192 p.
221. TAVERNIER, R. et al. 1993. Sciences de la Vie et de la Terre, 1^{re} S. Paris : Bordas, 400 p.
222. TAVERNIER, R. et al. 1993. Sciences de la Vie et de la Terre, 1^{re} S. Livret du professeur. Paris : Bordas, 110 p.
223. TAVERNIER, R. et al. 1993. Sciences de la Vie et de la Terre, 2nd. Paris : Bordas, 320 p.
224. TAVERNIER, R. et al. 1994. Sciences de la Vie et de la Terre, TS, enseignement obligatoire. Paris : Bordas, 400 p.
225. TAVERNIER, R. et al. 1994. Sciences de la Vie et de la Terre, TS, enseignement de spécialité. Paris : Bordas, 160 p.
226. TAVERNIER, R. et al., 1980. Biologie-Géologie 3^e. Paris : Bordas, 192 p.
227. THENARD, L.-J. 1813. Traité de chimie élémentaire, théorique et pratique. Paris : Crochard, 4 vol. (1816).
228. THERON, A. et al. 1972. Sciences naturelles, 1^{re} D. Collection de sciences naturelles, I, II et

III. Paris : Bordas, 127+192+117 p.

229.VINCENT, P. 1953. Sciences naturelles, classe de 4^e. Paris : Vuibert, 424 p.

230.VINCENT, P. 1963. Sciences naturelles, classe de 4^e moderne. Paris : Vuibert, 415 p.

231.VINCENT, P. 1966. Sciences naturelles, classe de 4^e des Lycées et Collèges d'enseignement général. Collection Vincent. Paris : Vuibert, 381 p.

232.VINCENT, P. 1970. Sciences naturelles : 1^{re} D. Collection Vincent. Paris : Vuibert, 314 p.

233.VINCENT, P. 1972. Sciences naturelles, classes de 4^e I et II. Collection Vincent. Paris : Vuibert, 159 p.

Annexes

Annexe 1 : Légendes et listes de cartes

Légende de la carte géologique de la France de Dufrénoy et Elie de Beaumont (1841)

Carte géologique de la France exécutée sous la direction de M. Brochant de Villiers, Inspecteur général des Mines, par MM. Dufrénoy et Elie de Beaumont, ingénieurs des Mines, commencée sous l'administration de M. Becquey, Directeur général des Ponts et Chaussées et des Mines, terminée en 1840, M. Le Comte Jaubert étant Ministre des Travaux Publics, M. Legrand, sous secrétaire d'état au même Département.

Dépôts postérieurs aux dernières dislocations du sol		a, a² a'	Alluvions et tourbes Diluvium alpin et löss
	supérieur (Pliocène)	p	Alluvion anciennes de la Bresse, sable des Landes, sable marins sup. de Montpellier
Terrains tertiaires	moyen (Miocène) inférieur (Eocène)	m e	Faluns, Meulières, Grès de Fontainebleau Gypse, Calcaire grossier, Argile plastique
Terrains crétacé supérieur		c²	Craie blanche et craie marneuse
Terrain crétacé inférieur		c¹	Grès vert sup. (Craie tuffeau) et inf., formation wealdienne ou néocomienne
		j³	Etage sup. du système oolitique
		j²	Etage moy. du système oolitique
Terrains jurassiques	j	j¹	Etage inf. du système oolitique (comprenant les marnes supraliasique)
		j_I	Calcaires à Gryphées arquées
		j_{II}	Grès infraliasique
		J	Terrain jurassique modifié
Terrains du Trias	t	t³ t² t¹	Marnes irisées (Marnes rouges, Keuper) Muschelkalk Grès bigarré (nouveau grès rouge des Anglais)
Grès des Vosges		v	Grès des Vosges
Zechstein		z	Zechstein (Calcaire magnésifère des Anglais)
Grès rouge		r	Grès rouge (Rothe todte liegende des Allemands)
		H	Terrain houiller
Terrains carbonifère		h I³	Calcaire carbonifère Terrain de transition sup. (Syst. Dévonien) (Vieux grès rouges des Anglais)
Terrains de transition	I	I²	Terrains de transition moy. (Syst. Silurien)
		I¹	Terrains de transition inf. (Syst. Cambrien)
		I	Terrains de transition modifiés
Terrains cristallisés (Vulgairement appelés Terrains primitifs)	y	y_{III} y_{II} y_I y¹ y²	Micaschistes et stéaschistes Micaschistes et gneiss Gneiss Granite Syénite
		π	Porphyres rouges quartzifères
Roches plutoniques (intercalées dans diff. formations)		δ o μ	Diorites et Trapps Serpentines et euphotides Mélaphyres et ophites des Pyrénées
		ω¹	Trachytes
		ω²	Phonolites
Terrains volcaniques		ω³ ω⁴	Basaltes Volcans à cratères et coulées

Légende technique :

H	Houille	A ^t	Antimoine
HT	Anthracite	S	Sel
CP	Graphite	Ss	Sources salées
CK	Combustible des marnes irisées ou du Keuper		Haut fourneaux
CJ	Combustible des terrains jurassiques		Affinerie
CC	Combustible des terrains crétacés		Forge à la catalane
L	Combustible des terrains tertiaires (lignites)		Acieries proprement dite
V	Couperose		Usines à fer diverses
A	Alun		Usine à zinc
CB	Lignite, pétrole et naphte		Usine à plomb
SB	Schistes carbo-bitumineux		Usine à plomb et argent
	Minière de fer		Usine à cuivre
	Mine de fer		Usine à antimoine
	Ocre		Saline
M	Manganèse		Fabrique de couperose
Z	Zinc		Fabrique d'alun
P	Plomb		Fabrique de couperose et d'alun
PA	Plomb et argent		Fabrique à bitume
C	Cuivre		Tourbières
E	Etain		

Toutes les rivières sont représentées avec ombrage latérale ce qui donne à la carte une unité de fond mais aussi une lourdeur excessive. Les grandes villes et routes sont indiquées. Double codage sur la carte.

Légende de la carte géologique du département des Côtes-du-Nord, d'Eugène de Fourcy (1844)

Terrains modernes		Tourbe	1
Terrains tertiaires		Cailloux roulés	
		Molasse coquillière (Faluns de la Touraine)	2
Terrains de transition	Etage Silurien	Grauwacke	3
		Schistes argileux (schistes ardoisiers)	4
		Grès et poudingues	5
	Etage cambrien	Schistes talqueux	6
		Gneiss	7
Terrains primitifs		Granite	8
		Granite amphibolique et syénite	8^a
Roches plutoniques		Roches amphiboliques (Diorites, amphibolites, serpentine, hémithrène)	9
		Roches feldspathiques (porphyre quartzifère, eurite, pétrosilex)	10
		Terrains modifiés par les granites	
		Terrains modifiés par les roches amphiboliques	
		Terrains modifiés par les roches amphiboliques et granites	
		Terrains modifiés par les roches feldspathiques	

La carte comprend également une légende technique :

- ▲ Carrière de pierre à bâtir
- Ardoisière
- Exploitation d'argile
 - Four à poterie et briqueterie
- ◆ Gisement de pierre à chaux
 - Four à chaux
 - Masse de quartz
 - Filon de quartz
 - Minerai de fer
- ⊕ Forge
 - Minerai de plomb
 - Minerai d'argent
 - Puits de mine
 - Filon
 - Usine

Trait indiquant la direction d'une couche ou d'un filon : la flèche marque le sens et le nombre le degré de l'inclinaison.

- *Localité où l'on trouve des fossiles
- (145)^m Cote des hauteurs au dessus du niveau de la mer
- - - - Limites géologiques
- _____ Limites de concession
- + . + . + . Limites de département

Liste des cartes géologiques départementales

N°	Carte géologique du département de :	Auteur(s)	1 ^e éd.	2 ^e éd. ou suite (s)	Particularités
01	Ain				inexistante ?
02	Aisne	Archiac (Vicomte d')	1842	1843 (s)	
03	Allier	Boullanger et Bertera	1850		
04	Basses-Alpes	Gras (Scipion)	1840		
05	Hautes-Alpes	Gueymard (Emile)	1830		
06	Alpes-maritimes (Comté de Nice)	Caméré	1877		
07	Ardèche	Castel	1862		inédite
07	Ardèche	Dalmas (J.-B.)	1859		
08	Ardennes	Sauvage et Buvignier	1842		
09	Ariège	François (commencé par), Mussy (terminé par)	1870		
10	Aube	Leymerie (A.)	1845	1846 (s)	
11	Aude	Leymerie, de Rouville et Viguié	1887		
12	Aveyron, esquisse géol.	Boisse (A.)	1858	1870	
13	Bouches-du-Rhône	Matheron (Philippe)	1843		
14	Calvados	Bigot (A.)	1924		
15	Cantal	Baudin	1846		
15	Cantal	Rames			inédite
16	Charente	Coquand (H.)	1858	1859 (s)	
17	Charente-Inférieure	Manès	1852	1853 (s)	
18	Cher	Boullanger et Bertera	1849	1850 (s)	
19	Corrèze	Bouchepon (de)	1848		
20	Carte géol. de la Corse	Nentien	1896		
21	Côte-d'Or	Guillebot et Nerville	1852		
22	Côtes-du-Nord	Fourcy (Eugène de)	1843		
23	Creuse	Mallard			inédite
24	Dordogne	Marrot et Mouret	1882		
25	Doubs	Boyer et Résal	1863		
25	Doubs	Résal	1862		
26	Drôme	Gras (Scipion)	1834		
27	Eure	Passy (Antoine)	1857		
28	Eure-et-Loir	MM. les ingénieurs des mines	1868		
29	Finistère	Fourcy (Eugène de)	1844		
30	Gard	Dumas (Emilien)	1845	1850	
31	Haute-Garonne	Leymerie (A.)	1881		
31	Haute-Garonne	Leymerie (Ch.)	1879		
32	Gers	Jacquot	1870		
33	Gironde	Pigeon (G.)	1860		
34	Hérault	Rouville (Paul de)	1876		
35	Ille-et-Vilaine	Massieu	1866		
36	Indre	Carnot (A.)			inédite
37	Indre-et-Loire				inexistante ?
38	Isère	Gras (Scipion)	1863		
38	Isère	Gueymard (Emile)	1844		
39	Jura	Orgéien (frère)	1865		
40	Landes	Jacquot et Raulin			
41	Loir-et-Cher				inexistante ?
42	Loire	Grüner	1847		
43	Haute-Loire	Tournaire	1880		
44	Loire-inférieure	Cailliaud (Frédéric)	1861		
45	Loiret	Fourcy (Eugène de)	1859		
46	Lot				inexistante ?
47	Lot-et-Garonne	Lacroix (J.)	1867	1868 (s)	

48	Lozère	Dorlhac (J.)	1860		
49	Maine-et-Loire	Barassé (Etienne)	1872		
49	Maine-et-Loire	Montmarin (de), Lechatellier et Cacarrié	1845		
50	Manche	Caumont (Arcisse de)	1839(?)		
50	Manche	Vieillard, complétée et publiée après sa mort par Potier et De Lapparent	1880		
51	Marne	Buvignier et Sauvage	1850		
52	Haute-Marne	Duhamel (A.)	1857	1860 (s)	
52	Haute-Marne	Royer (E.) et J. Barotte	1863		
53	Mayenne	Blavier	1837		
54	Meurthe-et-Moselle	Braconnier (A.)	1878		
54 a	Meurthe	Levallois	1855		
54 b	Moselle	Reverchon	1866		
54 b	Carte géol. ancien dépt. de la Moselle	Steff (L.)	1871		
55	Meuse	Buvignier	1852		
56	Morbihan	Fourcy (Eugène de) et Lorieux (Théodore)	1850		
57 a	Meurthe	Levallois	1855		
57 b	Moselle	Reverchon	1866		
57 b	Carte géol. ancien dépt. de la Moselle	Steff (L.)	1871		
58	Nièvre	Bertera et Chancourtois	1861		
58	Nièvre	Bertera et Ebray	1862		
59	Nord	Meugy	1852		
60	Oise	Graves et Passy	1858		
61	Orne	Bigot (A.)	1926		
61	Orne	Blavier	1840		
62	Pas-de-Calais	Souich (du)	1851		
63	Puy-de-Dôme	Baudin	1842		
63	Puy de Dôme	Lecoq	1851	1867	
64	Basses-Pyrénées				inexistante ?
65	Hautes-Pyrénées				inexistante ?
66	Pyrénées-orientales				inexistante ?
67	Bas-Rhin				inexistante ?
68	Haut-Rhin	Delbos et Koechlin- Schlumberger	1865	1867 (s)	
69	Rhône				inexistante ?
70	Haute-Saône	Thirria	1833		
71	Saône-et-Loire	Manès	1844	1846 (s)	
72	Sarthe	Triger, revue par Guillier	1874	1884	
73	Savoie	Lory (Ch.), Pillet et Vallet	1866	1872	
73	Carte géol. de la Savoie	Zaccagna (D.)	1893		
74	Haute-Savoie				inexistante ?
75	Voir Seine	Delesse	1865		
75	Voir Seine	Service technique des carrières, Préfecture de la Seine	1937		
76	Voir Seine inférieure	Passy (Antoine)	1832		
77	Seine-et-Marne	Sénarmont (de)	1851		
78	Voir Seine-et-Oise	Sénarmont (de)	1844		
79	Deux-Sèvres				inexistante ?
80	Esquisse géol. Somme	Buteux	1849		
80	Somme	Mercey (N. de)	(inéd.)		
81	Tarn	Boucheporn (de)	1848		
82	Tarn-et-Garonne	Académie des sciences, belles lettres et arts du Tarn- et-Garonne	1878 (inéd.)		

82	Tarn-et-Garonne	Péron (A.), Paul et Jean Doumerc	1872	1875	
83	Var	Villeneuve Flayose (Comte H. de)	1856		
84	Vaucluse	Gras (Scipion)	1861		
85	Carte géol. du bocage vendéen	Fournel	1834		
86	Vienne	Touzé de Longuemar	1866		
87	Haute-Vienne	Mallard	1869		
88	Vosges	Billy (E. de)	1848		
89	Yonne	Leymerie et Victor Raulin	1846	1855	
90	Territoire de Belfort	Parisot	1868	1877	
91	Voir Seine-et-Oise	Sénarmont (de)	1844		
92	Voir Seine	Delesse	1865		
92	Voir Seine	Service technique des carrières, Préfecture de la Seine	1937		
93	Voir Seine	Delesse	1865		
93	Voir Seine-et-Oise	Sénarmont (de)	1844		
93	Voir Seine	Service technique des carrières, Préfecture de la Seine	1937		
94	Voir Seine	Delesse	1865		
94	Voir Seine	Service technique des carrières, Préfecture de la Seine	1937		
95	Voir Seine-et-Oise	Sénarmont (de)	1844		

Carte géologique détaillée de la France au 1/80 000

Cette couverture comprend 255 feuilles numérotées de 1 à 267. Des regroupements ont été effectués, lorsqu'une carte ne représentait qu'un tout petit territoire (îles, presque îles, zones frontalières), soit dès la première édition, soit lors des rééditions. Deux cartes de l'ex Alsace-Lorraine n'ont jamais été levées (elles sont en territoire allemand) : Sierk (26) et Neufbourg (39).

N°	Nom de la feuille	1° éd.	2° éd.	3° éd.	4° éd.	5° éd.	6° éd.	Particularités
1	Calais	1878	1939*	1964*				* add 1 et 2
2	Dunkerque	1877						.
3	Boulogne-Calais	1876	1885	1928	1929	1964*		*ajout pp du 1
4	St Omer	1876	1957					
5	Lille	1876	1896	1941	1970			
6	Montreuil	1876	1906	1964				
7	Arras	1875	1910	1938				
8	Douai	1877	1948	1968				
9	Maubeuge	1879	1938					
10	St Valéry	1877						
11	Abbeville	1877	1943?					
12	Amiens	1876	1895	1938				
13	Cambrai	1876	1892	1963				
14	Rocroi	1884	1939	1968				
15	Givet	1882	1938					
16	Les Pieux	1901	1943					
17	Cherbourg	1895	1931					
18	Le Havre	1878						
19	Yvetot	1878	1937*	1965*				*ajout 10 et 18
20	Neufchâtel	1875	1963					
21	Montdidier	1875	1909	1938				
22	Laon	1875	1902	1939	1964			
23	Rethel	1881	1945					
24	Mézières	1889	1942	1964				
25	Longwy	1901	1965					
26	Sierk							n'existe pas
27	Barneville	1894	1963					
28	St Lô	1891	1928	1967				
29	Caen	1889		1938	1962			
30	Lisieux	1884	1939	1965				
31	Rouen	1874	1897	1967				
32	Beauvais	1874	1891	1938	1958			
33	Soissons	1874	1897	1939	1964			
34	Reims	1881	1946	1964				
35	Verdun	1887	1934	1965				
36	Metz	1901	1933	1964				
37	Sarreguemines	1957						
38	Wissembourg	1953						
39	Neubourg							n'existe pas
40	Plouguerneau. Ile d'Ouessant	1894	1966					add 40 et 56
41	Lannion	1910	1966					
42	Tréguier	1909	1966					
43	Granville	1886						add à 44 et 60
44	Coutances	1884	1929*	1966*				*ajout pp de 43
45	Falaise	1893	1946	1962				
46	Bernay	1882	1946					
47	Evreux	1874	1902	1938	1965			
48	Paris	1874	1874	1924	1968			
49	Meaux	1874	1894	1898	1940	1964		
50	Chalons sur Marne	1880	1943	1964				

51	Bar-le-Duc	1883	1940	1967				
52	Commercy	1887	1928	1964				
53	Sarrebourg	1898	1953					
54	Saverne	1950						
55	Lauterbourg	1952						
56	Ouessant							add à la 40
57	Brest	1903	1949	1972				
58	Morlaix	1906	1962					
59	St Brieux	1896	1943	1976				
60	Dinan	1893	1940*	1964*				*ajout pp de 43
61	Avranches	1882	1945	1970				
62	Alençon	1894	1924	1963				
63	Mortagne	1882	1942	1967				
64	Chartres	1874	1906	1938				
65	Melun	1874	1895	1939	1952	1968		
66	Provins	1874	1902	1936	1962			
67	Arcis	1880	1947					
68	Wassy	1883	1931	1969				
69	Nancy	1879	1953					
70	Lunéville	1894	1895	1937	1966			
71	Strasbourg	1896	1958					
72	Quimper	1892	1949					
73	Châteaulin	1886	1949	1978				
74	Pontivy	1891	1959	1978				
75	Rennes	1895	1945	1966				
76	Laval	1906	1960					
77	Mayenne	1900	1965					
78	Nogent-le-Rotrou	1880	1948	1977				
79	Châteaudun	1874	1951					
80	Fontainebleau	1874	1911	1939	1963			
81	Sens	1874	1907	1941	1965			
82	Troyes	1882	1940	1968				
83	Chaumont	1891	1939	1968				
84	Mirecourt	1883	1936	1965				
85	Epinal	1893	1939	1969				
86	Colmar	1893	1962					
87	Pont-L'Abbé	1885						
88	Lorient	1885						
89	Vannes	1891	1949					
90	Redon	1890	1938	1964				
91	Château-Gontier	1896	1945	1967				
92	La Flèche	1910	1965					
93	Le Mans	1880	1963					
94	Beaugency	1892	1950					
95	Orléans	1877	1936	1967				
96	Auxerre	1884	1946	1966				
97	Tonnerre	1890	1935	1966				
98	Châtillon	1899	1958					
99	Langres	1885	1938					
100	Lure	1940	1965					
101	Mulhouse	1911*	1961					*add de 100 et 101
102	Belle-Ile	1897						
103	Quiberon	1897	1965*					*ajout de 102
104	St Nazaire	1897	1949	1977				
105	Ancenis	1891	1967					
106	Angers	1907	1953					
107	Tours	1888	1940	1966				
108	Blois	1884	1940					
109	Gien	1877	1940					
110	Clamecy	1887	1947	1965				
111	Avallon	1886	1933	1964				
112	Dijon	1896	1937	1968				
113	Gray	1880	1931	1968				
114	Montbéliard	1891	1933	1968				

115	Ferrette	1885	1969					
116	Ile du Pilier							add à la 117
117	Nantes. Ile du Pilier	1926	1968					
118	Cholet	1896	1959					
119	Saumur	1900	1948					
120	Loches	1891	1947					
121	Valençay	1891	1954					
122	Bourges	1879	1939	1967				
123	Nevers	1894	1947	1969				
124	Château-Chinon	1883	1937	1965				
125	Beaune	1899	1942	1963				
126	Besançon	1882	1922	1966				
127	Ornans	1894	1942	1968				
128/129	Palluau. Ile-d'Yeu	1902	1972					
130	La Roche sur Yon	1892	1949					
131	Bressuire	1900	1958					
132	Châtellerault	1887	1952					
133	Chateauroux	1889	1945	1967				
134	Issoudun	1886	1943					
135	St-Pierre	1888	1943	1977				
136	Autun	1881	1940	1968				
137	Chalon-sur-Saône	1880	1938	1965				
138	Lons-le-Saunier	1885	1928	1968				
139	Pontarlier	1887	1964					
140	Les Sables-d'Olonne. Ile de Ré	1890	1965					
141	Fontenay	1892	1939	1968				
142	Niort	1903	1946	1966				
143	Poitiers	1886	1895	1940	1969			
144	Aigurandes	1893	1938					
145	Montluçon	1892	1939	1977				
146	Moulins	1883	1940					
147	Charolles	1893	1940					
148	Mâcon	1885	1941	1965				
149	St-Claude	1895	1965					
150	Thonon	1894	1950					
151	Tour de Chassiron	1886						
152	La Rochelle. Tour de Chassiron	1891	1958*					* ajout de 151
153	St Jean d'Angely	1895	1965					
154	Confolens	1899	1964					
155	Gueret	1907	1963					
156	Aubusson	1902	1965					
157	Gannat	1896	1934	1966				
158	Roanne	1893	1962					
159	Bourg	1889	1948	1969				
160	Nantua	1887	1936	1964				
160bis	Annecy	1894	1931	1969				
160ter	Vallorcine. Mt Blanc	1894	1966					
161	Saintes	1910	1952					
162	Angoulême	1901	1965					
163	Rochechouart	1902	1967					
164	Limoges	1897	1898	1938	1969			
165	Ussel	1906	1965					
166	Clermont	1888	1910	1939	1962			
167	Montbrisson	1889	1941					
168	Lyon	1890	1922					
169	Chambery	1901	1958	1964				
169bis	Albertville	1897	1966					
169ter	Tignes	1899						add à 179bis
170	Lesparre	1898	1964					
171	Jonzac	1910	1964					
172	Périgueux	1902	1938	1969				
173	Tulle	1896	1897	1946	1966			
174	Mauriac	1888	1969					
175	Brioude	1883	1926	1964				

176	Monistrol	1892	1943					
177	St Etienne	1890	1938	1967				
178	Grenoble	1884	1909	1928	1961			
179	St Jean de Maurienne	1896	1931					
179bis	Bonneval. Tignes	1896	*					*ajout de 169ter
180	Bordeaux	1882	1953					
181	Libourne	1907						
182	Bergerac	1920	1965					
183	Brive	1891	1968					
184	Aurillac	1885	1969					
185	St Flour	1883	1933	1964				
186	Le Puy	1893	1967					
187	Valence	1899	1948	1970				
188	Vizille	1884	1959	1965				
189	Briançon	1901	1933	1969				
190	Aiguilles	1898						ajout à 201
191	La Teste de Buch	1882	1966					
192	La Réole	1910	1966					
193	Villereal	1920	1965					
194	Gourdon	1901	1949					
195	Figeac	1904	1936	1971				
196	Mende	1907	1949					
197	Largentiere	1889	1939	1966				
198	Privas	1909	1939	1967				
199	Die	1909	1965					
200	Gap	1906	1946	1966				
201	Larches. Aiguilles	1904						ajout de 190
202	Contis-les-Bains	1889						
203	Sore. Contis-les-Bains	1889	1965*					*ajout de 202
204	Grignols	1911	1965					
205	Agen	1900	1949					
206	Cahors	1900	1951					
207	Rodez		1938	1969				
208	Séverac	1910	1958					
209	Alais (Alès)	1901	1923	1967				
210	Orange	1888	1934	1968				
211	Le Buis	1896	1946	1966				
212	Digne	1899	1943	1964				
213	St Martin Vesubie	1898	1967					
213bis	Sadrge	1881						
214	Vieux Boucau	1889	1965					
215	Mont-de-Marsan	1888	1966					
216	Montréal	1884	1965					
217	Lectoure	1882	1964					
218	Montauban	1901	1902	1949				
219	Albi	1904	1939					
220	St Affrique	1907	1940	1965				
221	Le Vigan	1906	1946					
222	Avignon	1888	1928	1972				
223	Forcalquier	1893	1934	1965				
224	Castellane	1896	1936	1966				
225	Nice. Pont St Louis	1902	1939*	1965*				*ajout de 225bis
225bis	Pont St Louis	1881						
226	Bayonne	1906	1935					
227	Orthez	1948						
228	Castelnau	1884	1965					
229	Auch	1882	1962					
230	Toulouse	1902	1966					
231	Castres	1896	1954					
232	Bédarieux	1901	1938	1971				
233	Montpellier	1898	1941					
234	Arles. La Couronne	1889	1942	1969				
235	Aix	1889	1950	1967				
236	Draguignan	1891	1964					

237	Antibes	1881	1967				
238	St Jean Pied-de-Port	1907	1954				
239	Mauléon	1911	1969				
240	Tarbes	1908	1970				
241	St Gaudens	1910	1961				
242	Pamiers	1908	1900				
243	Carcassonne	1901	1951				
244/245	Narbonne. Marseillan	1903	1948				
246	La Couronne						ajout à 234
247	Marseille	1890	1935	1967			
248/249	Toulon (Tour de Camarat)	1887	1951				
250	Urdos	1907	1966				
251	Luz	1906	1952				
252	Bagnères de Luchon	1910	1951				1863 rev. 1900
253	Foix	1912	1950	1976			
254	Quillan	1911	1938	1967			
255	Perpignan	1908					
256	L'Hospitalet	1912					
257	Prades	1925	1968				
258	Ceret	1911					
259	Luri	1909	1967				
260	Calvi	1928					
261	Bastia	1909					
262	Vico	1909					
263	Corte	1924					
264	Ajaccio	1906	1965				
265	Bastelica	1913					
266/267	Porto-Pollo. Sartène	1962					

Carte géologique de la France au 1/320 000

Cette couverture comprend 21 feuilles numérotées de 1 à 33. La découpe permet de désigner 33 feuilles, mais les feuilles 1, 2, 4, 5, 6 et 10 correspondent à des régions situées hors de France. Plusieurs feuilles voisines, de faible superficie, ont, de plus, été regroupées.

N°	Nom de la feuille	1 ^e éd.	2 ^e éd.	3 ^e éd.	Particularités
1	Pembroke				à l'étranger
2	Londres				à l'étranger
3	Dunkerque				add à la 8
4	Anvers				à l'étranger
5	« Titre »				place pour le titre
6	Plymouth				à l'étranger
7	Cherbourg				add à la 12
8	Lille. Dunkerque	1897	1961		ajout de la 3
9	Mézières	1896	1951		
10	Mayence				à l'étranger
11	Brest. Lorient	1944	1970		ajout de la 16
12	Rennes. Cherbourg	1938	1972		ajout de la 7
13	Paris	1892	1937	1966	
14	Metz	1902	1937		
15	Strasbourg. Mulhouse	1956			ajout de la 20
16	Lorient				add à la 11
17	Nantes	1940	1972		
18	Bourges	1935	1968		
19	Dijon	1927	1970		
20	Mulhouse				add à la 15
21	La Rochelle	1913	1967		
22	Clermont	1935	1967		
23	Lyon	1939			
24	Grand-Saint-Bernard. Nice	1939			ajout de la 28
25	Bordeaux	1939	1967		
26	Rodez	1953			
27	Avignon	1940	1941		
28	Nice				add à la 24
29	Bayonne	1949			
30	Toulouse	1962			
31	Marseille. Antibes	1939			ajout de la 32
32	Antibes				add à la 31
33	Corse	1896	1943		

Légende de la carte géologique de la France au 1/500 000 de L. Carez et G. Vasseur, (1885-1886)

				Etages et sous-étages	Systèmes	Groupes		
				a ²	Alluvions récentes	Moderne		
				G	Glaciers			
				a ¹ a ^{1m}	Alluvions anciennes, a ¹ Moraines anciennes, a ^{1m}	Quaternaire		
				P	Limons des plateaux	Pliocène		
				p ² p ¹	Pliocène supérieur, p ² Sables des landes, p ¹			
				P ¹	Pliocène inférieur (Astien)			
	m ¹⁻⁶	m ⁵⁻⁶	m ⁴⁻⁵	m ³⁻⁵	m ⁶	Tortonien	Miocène	
					m ⁵	Helvétien (<i>Faluns</i>)		
					m ⁴	Langhiens (<i>Sables de l'Orbanais et de la Sologne</i>)		
		m ³	Aquitanien (<i>Calc. de Beauce</i>)	Tonguien				
		m ²	Stampien (<i>Sables de Fontainebleau</i>)					
		m ¹	Infratonguien (<i>Calc. de Brie</i>)					
	e ³⁻⁵	e ⁴⁻⁵	e ³⁻⁴	e ⁵	Ligurien (<i>Gypse de Paris</i>)	Parisien	Eocène	
				e ⁴	Bartonien (<i>Calc. de St Ouen et sables de Beauchamps</i>) e ^{4b} , <i>Calc. lac. de St Aubin</i> e ^{4a} , <i>Grès à Sabalites</i>			
				e ³	Lutétien (<i>Calc. gr. de Paris</i>)			
	e ¹⁻²	e ¹⁻³		e ²	Yprésien (<i>Sables de Cuise</i>)	Suessonien		
				e ¹	Sparnacien (<i>Lignites et sables de Bracheux</i>)			
					e, e ^s , e ^{sp}	<i>Sables bigarrés, e</i> <i>Argiles à silex, e^s</i> <i>Argiles à silex et limons des plateaux, e^{sp}</i>		
c	c ⁶⁻⁸ c ⁵⁻⁸	c ⁷⁻⁸	c ³⁻⁷	c ⁵⁻⁷	c ⁸	Danien	Crétacé	
					c ⁷	Sénonien		
					c ⁶	Turonien		
					c ⁵	Cénomannien		
	c ³⁻⁴	c ⁴⁻⁵	c ²⁻⁷	c ²⁻³	c ³⁻⁶ c ³⁻⁵	c ⁴		Vraconnien (<i>Couches à Am. inflatus. Gaize</i>)
						c ³		Albien (<i>Gault</i>)
	c ¹⁻²	c ¹⁻³				c ²		Aptien et Urgonien
						c ¹		Néocomien et Wealdien
j	j ⁶⁻⁷	j ³⁻⁷	j ⁵⁻⁷	j ³⁻⁶ j ³⁻⁵ j ³⁻⁴	j ⁴⁻⁵	j ⁷	Purbéckien, Portlandien et Kimméridgien	
						j ⁶	Astartien et Corallien	
						j ⁵	Oxfordien	
	j ¹⁻⁷	j ¹⁻⁵	j ¹⁻⁴				j ⁴	Bathonien
							j ³	Bajocien
							j ²	Lias
							j ¹	Infralias
r-t	t t ¹⁻³					t ³	Keuper	
						t ²	Muschelkalk	
						t ¹ t ^{1v}	Grès bigarré (t ^{1v} , <i>Grès vosgien</i>)	
h-r						r	Permien	
						h ²	Houiller	
						h ¹	Carbonifère	
		d				d ³	Faménien	
						d ²	Eifélien	
						d ¹	Rhénan	

s-h	s ?	s	s ²⁻³ d	s ³	Bohémien (<i>Calc. et sch. à graptolites</i>)	Silurien	Primaire
			s ²⁻³	s ²	Ordovicien s ^{2-e} , <i>Sch. à Trinucleus</i> s ^{2-d} , <i>Grès de May</i> s ^{2-c} , <i>Sch. d'Angers à Calymènes</i> s ^{2-b} , <i>Grès armoricain</i> s ^{2-a} , <i>Sch. rouges et congl. pour.</i>		
				s ¹	Cambrien s ^{1-b} , <i>Sch. de Rennes</i> s ^{1-a} , <i>Phyllades de St Lô</i>		
γ ^z	γ ^z			z	<i>Schistes cristallins (Gneiss, Micaschistes, etc.)</i>	Archéen	Terrains primitifs

Roches éruptives

β	τ	λ	φ	βα	β, Basalte ; τ, Trachytes ; λ, Labradorite ; φ, Phonolite ; βα, Bauxite
ω	δ	σ	α		ω, Ophite ; δ, Diorite, Diabase ; σ, Serpentine ; α, Roches amphiboliques
	μ	ε			μ, Mélaphyres ; ε, Euphotides
	π	π ¹			π, Porphyre quartzifère, Porphyres indéterminés ; π ¹ , Porphyre micacé, Porphyres divers
γ ^z	γ ^z	γ	γ ¹ γ ²		γ, Granite ; γ ¹ , Granulite ; γ ² , Protogyine

La carte présente 46 teintes stratigraphiques avec des dégradés de teintes pour les étages d'un même système, et 6 teintes pour les roches éruptives.

Légende de la carte géologique de la France au 1/1 000 000, 1^{re} édition, 1889

Terrains sédimentaires

1. Quaternaire
2. Pliocène
3. Miocène
4. Oligocène
5. Eocène
6. Crétacé supérieur
7. Crétacé inférieur
8. Jurassique supérieur
9. Jurassique moyen
10. Jurassique inférieur
11. Lias et Rhétien
12. Marnes irisées
13. Muschelkalk
14. Grès bigarré et grès des Vosges
15. Permien
16. Carbonifère supérieur et moyen
17. Carbonifère inférieur
- 18a. Dévonien supérieur
- 18b. Dévonien inférieur
19. Silurien
20. Cambrien

Terrains cristallophylliens

21. Schistes chloriteux et sériciteux, micaschistes
22. Pyroxénites, amphibolites et serpentines
23. Gneiss, leptynites

Roches éruptives acides

24. Granites, syénites
25. Granulites (granites)
26. Microgranulites (porphyres quartzifères)
27. Porphyres pétrosiliceux, pyromérides, rétinites
28. Dacites, rhyolites, perlites

Roches éruptives intermédiaires

29. Orthophyres et porphyres (dit culm)
30. Kersantites, porphyrites micacées
30. Trachytes et andésites (miocènes)
31. Trachytes, andésites (pliocènes)
32. Phonolites
33. Trachytes, andésites (quaternaires)

Roches éruptives basiques

34. Diorites, diabases, gabbros, serpentines (antérieures au Permien)
35. Porphyres, mélaphyres, serpentines (permiens)
36. Diorites, diabases, euphotides serpentines (du Trias à l'Eocène)
37. Labradorites, basaltes (miocènes)
38. Labradorites, basaltes (pliocènes)
39. Labradorites, basaltes (quaternaires)

Les terrains sont portés en couleurs et numérotés. Une colonne donne la correspondance avec les notations de la carte au 1/80 000. Il n'y a ni faille, ni éléments de tectonique. La Corse est placée en encart en Méditerranée, près de Nice.

La carte se présente en 4 feuilles assemblées et entoilées.

Légende de la carte de la France au 1/1 000 000, 4^e édition, 1955

TERRAINS SEDIMENTAIRES		TERRAINS AZOIQUES ETCRISTALLOPHYLLIENS D'AGE INDETERMINE	
24	Pléistocène <i>y compris les formations actuelles</i>	x	Phyllades et cornéennes
	Tertiaire	y	Micaschistes et gneiss : <i>Série cristallophylliennes antéhouillère des Alpes, Micaschistes et gneiss du Massif central, etc.</i>
23	Pliocène : <i>c. Sicilien, b. Astien, a. Plaisancien</i>	z	Schistes et gneiss amphibolitiques et pyroxéniques, serpentines, cipolins
22	Miocène : <i>d. Pontien, c. Tortonien, b. Helvétien, a. Burdigalien</i>		
21	Oligocène : <i>c. Aquitanien, b. Stampien, a. Sannoisien</i>		ROCHES ERUPTIVES
20	Eocène supérieur et moyen : <i>c. Ludien (Priabonien), b. Bartonien, a. Lutétien</i>	γ ₁	Granites : <i>y compris les granites alcalins et les granites à amphibole</i>
19	Eocène inférieur : <i>c. Yprésien, b. Sparnacien, a. Thanétien</i>	γ ¹	Granulites : <i>Granites à mica blanc et à deux micas, pegmatites, aplites</i>
	Secondaire	γ ³	Microgranites : <i>Porphyres quartzifères, etc.</i>
18	Crétacé supérieur : <i>e. Montien, d. Danien, c. Sénonien, b. Turonien, a. Cénomanién</i>	π	Rhyolites : <i>Porphyres pétrosiliceux, etc.</i>
17	Crétacé inférieur : <i>d. Albien, c. Aptien, b. Barrémien, a. Néocomien</i>	o	Diorites et microdiorites quartzifères : <i>Estérellite, etc.</i>
16	Jurassique supérieur : <i>d. Purbéckien, c. Portlandien, b. Kimméridgien, a. Séquanien (dans les étages c et d, la lettre t indique le faciès tithonique)</i>	σ	Syéénites
15	Jurassique supérieur : <i>b. Oxfordien, a. Callovien</i>	τ	Trachytes et andésites paléozoïques et mésozoïques : <i>Orthophyres et Porphyrites</i>
14	Jurassique moyen : <i>b. Bathonien, a. Bajocien</i>	τ _v / τ _{vi}	Trachytes et andésites miocènes et pliocènes
13	Jurassique inférieur (Lias et Infralias) : <i>e. Toarcien, d. Charmouthien, c. Sinémurien, b. Hettangien, a. Rhétien</i>	τ	Trachytes et andésites pléistocènes
12	Trias supérieur et Trias moyen : <i>b. Keuper, a. Muschelkalk</i>	υ	Syéénites néphéliniques et alcalines et Teschéénites des Pyrénées
11	Trias inférieur : <i>b. Grès bigarré, a. Grès vosgien</i>	λ	Lamprophyres <i>Orthophyres et porphyrites micacés</i>
	Primaire	φ	Phonolites
10	Permien : <i>c. Thuringien, b. Saxonien, a. Autunien</i>	α	Téphrites à haüyne
9	Carbonifère supérieur et Carbonifère moyen : <i>b. Stéphanién, a. Westphalién</i>	ω	Téphrites à néphélines et néphélinites, basaltes ophitiques micacés du Mont Dore
8	Carbonifère inférieur : <i>Dinantien</i>	ε	Diorites, diabases (<i>ophites</i>), gabbros (<i>Euphotides et variolites</i>), péridotites, serpentines (<i>roches vertes des schistes lustrés</i>)
7	Dévonien supérieur et Dévonien moyen : <i>d. Famennien, c. Frasnien, b. Givetien, a. Eifélién</i>	β	Basaltes : <i>mélaphyres, porphyrites augitiques, spilites, du Cambrien au Lias</i>
6	Dévonien inférieur : <i>b. Coblentzien, a. Gédinnien</i>	β _v / β _{vi}	Basaltes miocènes et pliocènes, <i>Labradorites</i>
5	Silurien supérieur : <i>Gothlandien</i>	β	Basaltes pleistocènes, <i>Labradorites, Limburgites</i>
4	Silurien inférieur : <i>Ordovicién</i>		
3	Cambrien		
2	Algonkien : <i>Précambrien, Phyllades de St Lô</i>		
1	Archéen : <i>Micaschistes et gneiss inférieurs à l'Algonkien</i>		
o o	Sondages sous-marins et souterrains		
	Filons de quartz		

L'indice quand il y en a un rappelle l'âge : I, antérieur au Cambrien, II, du Cambrien au Dévonien, III, du Carbonifère au sommet du Permien, IV, du Trias au sommet de l'Eocène, V, Oligocène et Miocène, VI, Pliocène et Pléistocène.

Lorsqu'une formation sédimentaire est métamorphosée, le métamorphisme est indiqué par des traits en surimpression : 12-20, série cristallophylliennes tertiaire et mésozoïque, 8-10, série cristallophylliennes permo-carbonifère, 7-1, série cristallophyllienne du Dévonien à l'Archéen.

Légende de la carte géologique de la France au 1/1 000 000, 5^e édition, 1968

FORMATIONS SÉDIMENTAIRES

a ²	Quaternaire récent
D	Dunes
a ¹	Quaternaire ancien
G	Glaciaire
a ^{1S}	Sable des Landes
a ^{1V}	Villafranchien
p	Pliocène
m	Miocène
g	Oligocène (faciès marin des Sables et Grès de Fontainebleau)
g-e	Sidérolithique
e ²	Eocène moyen et supérieur
e	Eocène indifférencié
e ¹	Eocène inférieur
c ²	Crétacé supérieur
c	Crétacé indifférencié
F	Flyschs crétacés alpins
c ¹	Crétacé inférieur (Urgonien)
S	Schistes lustrés
J ³	Jurassique supérieur (Malm)
J ²	Jurassique moyen (Dogger)
J	Jurassique indifférencié
J ¹	Jurassique inférieur (Lias)
t ³	Trias supérieur (Keuper)
t ²	Trias moyen (Muschelkalk)
t	Trias indifférencié
t ¹	Trias inférieur
rt	Permo-trias
r	Permien
rh	Permo-carbonifère probable (zones internes alpines)
h ⁴	Stéphanien
h ³	Westphalien s. st.
h	Carbonifère indifférencié
h ²	Westphalien inférieur (Namurien)
h ¹	Dinantien
	Extension des bassins houillers
d ²	Dévonien supérieur et moyen
d	Dévonien indifférencié
d ¹	Dévonien inférieur
s ²	Silurien
s ¹	Ordovicien
b	Cambrien
v	Précambrien (Briovérien)

FORMATIONS MÉTAMORPHIQUES ET PLUTONIQUES

ξ	Micaschistes
ζ / ξζ	Gneiss, Schistes cristallins
δ	Amphibolites
M	Migmatites
γ ^A	Granite d'anatexie
γ / γ ^b	Granite / Granite à biotite
γ ^m / γ ^f	Granite à muscovite / G. à riebeckite
γ ^μ	Microgranites
η	Diorites, diorites quartziques, granodiorites
θ	Gabbros
σ	Péridotites et serpentines (Lherzolites pyrénéennes)

FORMATIONS VOLCANIQUES

Quaternaire

ρ ⁴ τ ⁴ α ⁴	Rhyolites, trachy-andésites, andésites
β ⁴	Basaltes et labradorites
pβ ⁴	Projections basaltiques

Tertiaire

ρ ³ τ ³ α ³	Rhyolites, trachy-andésites, andésites
pα ³	Projections andésitiques
β ³	Basaltes et labradorites
φ ³	Phonolites

Secondaire

β ²	Basaltes
ε ² / ω	Ophiolites alpines/Ophites pyrénéennes

Primaire et Précambrien

ρ ¹ τ ¹ α ¹	Rhyolites, trachy-andésites, andésites
	Tufs volcaniques dévoniens et carbonifères
β ¹	Basaltes (Spilites)
ε ¹	Diabases, dolérites, porphyrites
φ ¹	Phonolites

Granites datés :

γ ₁	Granites précambriens
γ ₂	Granites paléozoïques
γ ₃	Granites alpins
γ	Granites d'âge indéterminé

ANGERS : Nom d'une feuille de la carte géologique au 1/80 000

Langeais : Nom d'une feuille de la carte géologique au 1/50 000

La carte comporte en surimpression le tableau d'assemblage des feuilles de la carte au 1/80 000.

Légende de la carte géologique de la France... au 1/1 500 000, 1980.

SEDIMENTAIRE

q₂ Quaternaire récent
 D Formations dunaires
 q₁ Quaternaire ancien
 G Formations glaciaires
 q₀ Quaternaire très ancien
 pq Plio-Pléistocène

p Pliocène
 ap Terrains anté-pliocènes
 (marge continentale méditerranéenne)
 mp Mio-Pliocène
 m Miocène
 g Oligocène

e e₂ Eocène moyen et supérieur
 e₁ Paléocène et Eocène inférieur

c c₂ Crétacé supérieur
 c₁ Crétacé inférieur
 j₃ Jurassique supérieur (Malm)
 j₂ Jurassique moyen (Dogger)
 j₁ Jurassique inférieur (Lias)

t₃ Trias supérieur
 t₂ Trias moyen
 t₁ Trias inférieur
 rt Permo-Trias

r Permien

h₄ Stéphanien
 h₃ Westphalien
 h₁₋₂ Dinantien-Namurien
 dh Dévono-Carbonifère
 (marge continentale)

d d₂ Dévonien moyen et supérieur
 d₁ Dévonien inférieur

s₂ Silurien
 s₁ Ordovicien

vs Briovérien supérieur à Silurien

vb Briovérien à Cambrien

b Cambrien

p Précambrien et Paléozoïque
 indifférencié

v Précambrien supérieur (Briovérien)

TECTONIQUE

Failles

Chevauchements

Astroblème de Rochechouart

Caldeira

Point de prélèvement sous-marin

Les formations de la marge continentale sont représentées avec les mêmes notations que les formations terrestres équivalentes, mais avec une teinte atténuée.

VOLCANISME

(Formations volcano-sédimentaires incluses)

Volcanisme acide

ρ₅ Tertiaire et Quaternaire
 ρ₄ Viséen supérieur à Permien
 ρ₃ Dévonien à Viséen inférieur
 ρ₂ Cambrien à Silurien
 ρ₁ Précambrien

Volcanisme basique

β₅ Tertiaire et Quaternaire
 β₄ Viséen supérieur à Mésozoïque
 β₃ Dévono-Dinantien
 β₂ Cambrien à Silurien
 β₁ Précambrien

PLUTONISME

Lithologie

γ Leucogranites
 γ Granites monzonitiques et granodiorites
 γ Granites hyperalcalins
 μγ Microgranites
 η Diorites
 θ Gabbros, Dolérites, Ophites, Diabases
 σ Ultrabasites
 χ Complexe Lizard-Star Point (marge continentale)

Chronologie (pour les granites)

γ⁶ Mise en place au Tertiaire
 230 MA γ⁵ Mise en place au Permien
 280 MA γ⁴ Mise en place du Viséen sup. au Stéphanien
 340 MA γ³ Mise en place du Dévonien sup. au Viséen inf.
 400 MA γ² Mise en place du Cambrien au Silurien
 550 MA γ¹ Mise en place du Précambrien sup. au Cambrien inf.
 620 MA γ⁰ Mise en place au Précambrien moyen : Icartien, 2000 MA
 γ Age indéterminé

METAMORPHISME

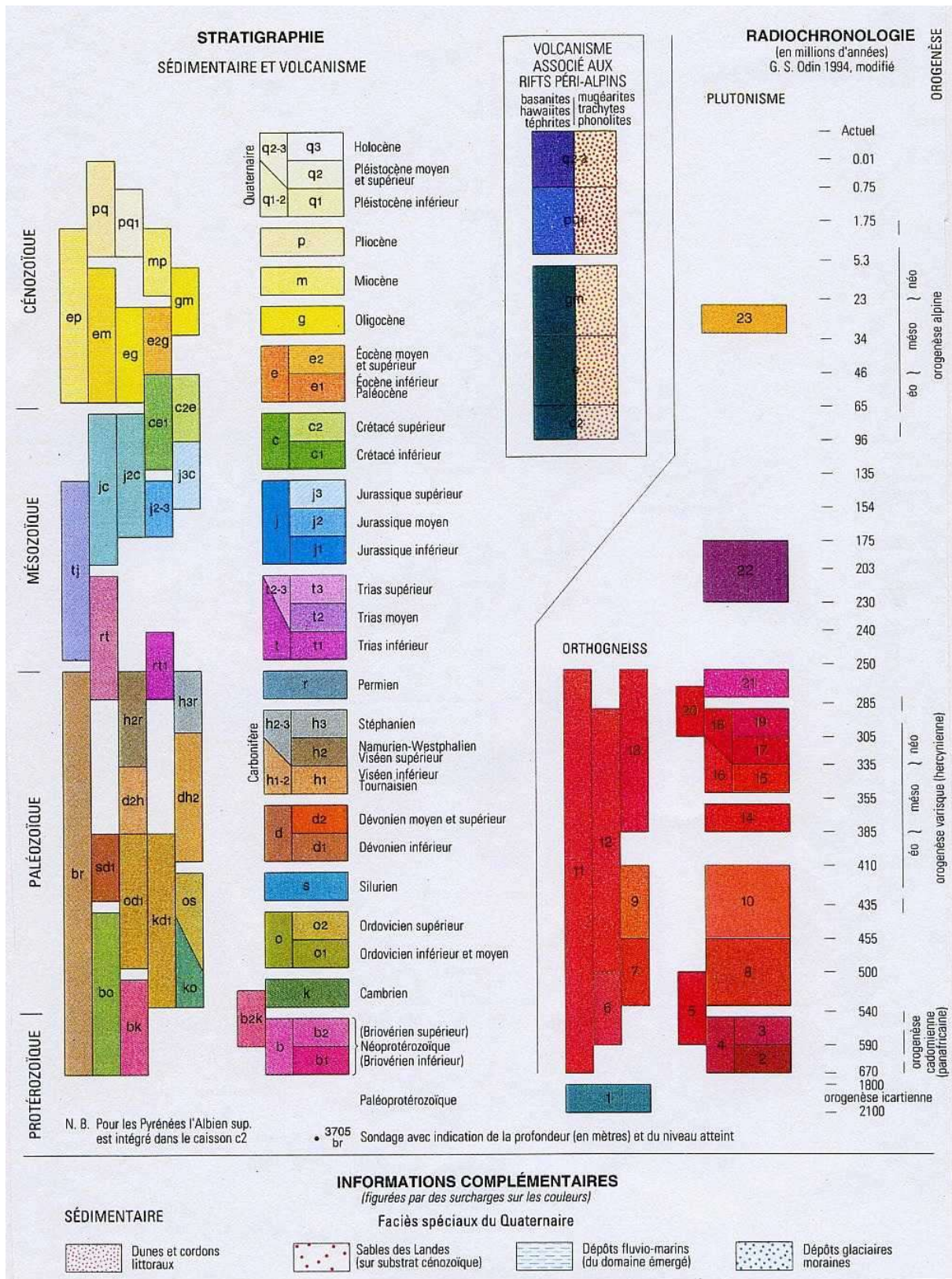
Figurés sur la formation sédimentaire, volcanique ou plutonique d'origine
 Epi-métamorphisme
 Méso et Catamétamorphisme

MIGMATISATION





Migmatites (figurés sur la formation d'origine)
 Granites d'anatexie

Légende de la carte géologique de la France au 1/1 000 000, 6^e édition, 1996

halshs-00003974, version 1 - 27 Jun 2005



Autres Faciès à spécificité régionale

-  Dépôts marins : Sables de Fontainebleau (g) et Pliocène (p) du pourtour méditerranéen
-  Dépôts continentaux (k et o) du Massif armoricain et fluvio-lacustres (m) des bassins de Paris et d'Aquitaine
-  Flyschs varisques et alpins (1 flyschs à blocs, mégaturbidites, complexes chaotiques)
-  Faciès urgonien (c1) du bassin subalpin








MÉTAMORPHISME

Les caractères métamorphiques des terrains sont symbolisés par des figurés dont la couleur indique l'âge de l'orogénèse, la forme indique le faciès du métamorphisme, et l'orientation correspond à la principale foliation régionale

- Âge : / cadomien / méso-varisque / néo-varisque / alpin
- / Métamorphisme permo-triasique de la marge sud-alpine / Métamorphisme lépontin, oligocène supérieur à miocène inférieur

N. B. Dans les Alpes les faciès de haute pression sont privilégiés bien qu'ils soient généralement rétro-morphosés

Faciès
l'orogénèse néo-varisque est prise comme exemple

de basse et moyenne pression	 Faciès schiste vert en domaine de nappes	 Faciès amphibolite (paragneiss, orthogneiss)	 Faciès granulite de basse pression
	 Zones anatectiques (migmatites)		
de haute pression	 Faciès schiste bleu de basse température	 Faciès éclogite (et schiste bleu de haute température)	 1 : Relique éo-varisque éclogitique 2 : Relique éo-alpine à coésite







MAGMATISME

Les caractères magmatiques des terrains sont symbolisés par des figurés dont la couleur indique la nature chimique :





Volcanisme acide : bleu ; basique : vert

Plutonisme acide : blanc ; basique : noir

Le magmatisme carbonifère (h2.17) est pris comme exemple




de marge active	Volcanisme	 tholéiitique à calco-alcalin (basaltes, andésites, rhyolites)	Plutonisme	 tholéiitique à calco-alcalin (gabbros, tonalites, granites)
	Volcanisme	 tholéiitique à peralcalin (basaltes, dacites, rhyolites)	Plutonisme	 tholéiitique à peralcalin (gabbros, monzonites, granites)
d'extension continentale				
d'accrétion océanique	Ophiolites	 Gabbros, basaltes Péridotites	1 : alpines 2 : varisques	
	Volcanisme	 calco-alcalin à alcalin (basaltes à rhyolites)	Plutonisme (sauf granitoïdes)	1 : microgranites indifférenciés 2 : gabbros, diorites, tonalites

Granitoïdes des orogènes de collision

Granitoïdes peralumineux	 Leucogranites	Granitoïdes calco-alcalins	 subalcalins potassiques
	 Granites et granodiorites		 calco-alcalins stricto sensu

1 : Avec indication d'une foliation syn-à post-mise en place

formations particulières

-  Complexe varisque leptyno-amphibolique
-  Péridotites mantelliques
-  Principaux champs filoniens (1 : cadomiens ; 2 : méso-varisques ; 3 : néo-varisques)









MARGE CONTINENTALE

Les terrains sont figurés avec leur "couleur chronologique" atténuée ; s'y ajoutent les terrains suivants :

-  mv Complexé métamorphique indifférencié
-  ap Substratum anté-pliocène indifférencié




N. B. Les failles et les figurés du métamorphisme et du magmatisme sont portés en teinte grise

Morphologies et structures sous-marines

-  Bancs sableux
-  Cicatrices d'arrachement
-  Paléo-chenaux sous-marins
-  Dômes de sel
-  Masses glissées
-  Éventails sous-marins
-  Limite d'extension du sel messinien
-  1 / 2 Extension sous couverture de la croûte océanique (1) et de la croûte transitionnelle (2) en Méditerranée





ÉLÉMENTS STRUCTURAUX

Isobathes et structures profondes



-  Isobathes de la base du Pliocène : bassin du P0
-  Isobathes de la base du Cénozoïque : fossé rhénan, bassins péri-alpins, bassin sous-pyrénéen, bassin de l'Ebre et golfe du Lion
-  Isobathes du toit du socle : bassin subalpin, bassins de Paris et d'Aquitaine, Manche, golfe de Gascogne

-  Discontinuités géophysiques
-  Diapirs et rides salifères

Accidents et failles

- | | | |
|---|---|-----------------------------|
|  Faille normale, détachement |  Faille inverse, chevauchement | } Tirés : accidents masqués |
|  Accident décrochant |  Accident indifférencié | |

Autres structures

-  Caldeira volcanique probable
-  Impactite de Rochechouart

Annexe 2 : Table chronologique des textes officiels cités dans le corps du texte et en notes de bas de page

Signification des abréviations des publications officielles :

RLR. : Recueil des lois et règlements concernant l'instruction publique depuis l'édit de Henri IV, en 1598, jusqu'à ce jour.

BA, BAIP et BAMIP : Bulletin administratif (du ministère) de l'instruction publique.

B.U. : Bulletin universitaire.

CIO : Circulaires et instructions officielles relatives à l'instruction publique.

BOMEN, BOEN et B.O. : Bulletin officiel (du ministère) de l'éducation nationale.

1. Décret portant l'établissement d'écoles centrales dans toute la République, 7 ventôse an III (25 février 1795), *RLR*, tome 5, pp. 37-41.
2. Loi sur l'organisation de l'instruction publique, 3 brumaire an IV (25 octobre 1795), *Recueil des lois et règlements sur l'instruction supérieure de Beauchamp*, 1880, tome 1, pp. 36-37.
3. Loi générale sur l'instruction publique, 11 floréal an X (1 mai 1802), *RLR de Beauchamp*, 1880, tome 1, pp. 82-83.
4. Arrêté du 19 frimaire de l'an XI (10 décembre 1802) prévoyant la création de commissions chargées de préparer des programmes d'enseignement et d'établir une liste des ouvrages à utiliser en classe.
5. Décret impérial portant organisation de l'Université, 17 mars 1808, *RLR de Beauchamp*, 1880, tome 1, pp. 171-188.
6. Arrêté réglementant l'enseignement dans les lycées, 19 septembre 1809, *RLR*, tome 5, pp. 28-41.
7. Circulaire relative aux programmes des cours de sciences physiques pour les collèges royaux, 30 novembre 1819, *RLR*, 1822, tome 6, pp. 288-289.
8. Ordonnance du roi concernant les Facultés et spécialement celles de droit et de médecine, 5 juillet 1820, *RLR*, 1822, tome 6, pp. 352-359.
9. Circulaire relative au catalogue des instruments de physique qui doivent composer les cabinets des collèges royaux, 16 janvier 1821, *RLR*, 1824, tome 7, p. 33.
10. Circulaire annonçant l'envoi aux recteurs de l'état des objets dont les collèges royaux peuvent proposer l'acquisition pour leurs laboratoires de chimie, 29 août 1821, *RLR*, 1824, tome 7, pp. 88-90.
11. Arrêté relatif au statut concernant les collèges royaux et communaux, 4 septembre 1821, *RLR*, 1824, tome 7, pp. 91-138. Surtout pp. 115-138.
12. Arrêté relatif à l'enseignement des sciences mathématiques et physiques et de l'histoire dans les collèges royaux..., 16 septembre 1826, *RLR*, 1828, tome 8, pp. 80-85.
13. Arrêté déterminant les programmes des cours des sciences physiques pour les élèves des deux

années de philosophie, 1 avril 1828, *BU*, tome 1, pp. 7-21.

14. Décision portant que, dans la distribution de prix des collèges royaux, il y aura un prix pour les élèves qui suivent la classe d'histoire naturelle, 19 mai 1829, *BU*, tome 1, p. 247.
15. Arrêté réglementant les matières sur lesquelles seront interrogés les aspirants aux grades de bachelier ès sciences mathématiques et de bachelier ès sciences physiques, avec, les programmes de physique, de chimie et d'histoire naturelle annexés, 10 novembre 1829. *BU*, tome 1, p.
16. Arrêté invitant les fonctionnaires chargés des leçons d'histoire naturelle pour les élèves de 3^e des collèges royaux et particuliers de Paris et de Versailles à se réunir sous la présidence de Frédéric Cuvier (frère de Georges Cuvier), inspecteur général adjoint des études, pour rédiger un programme, 18 juin 1830, Archives nationale, AJ¹⁶ 51.
17. Ordonnance du Roi portant que les jeunes gens qui se proposent d'étudier en médecine ne seront plus astreints à prendre préalablement de grade de bachelier ès sciences, 18 janvier 1831, *BU*, tome 2, p. 220.
18. Circulaire relative à l'envoi d'un nouveau programme d'histoire naturelle pour la classe de troisième des collèges, 5 décembre 1831, *CIO*, tome 2, pp. 55-57.
19. Arrêté approuvant les programmes de l'enseignement de l'histoire naturelle dans les collèges royaux, 3 septembre 1833, *BU*, tome 3, pp. 342-353.
20. Arrêté relatif à la répartition des objets d'études et à l'ordre des classes dans les Collèges de Paris et de Versailles, 4 octobre 1833, *BU*, tome 3, pp. 353-356.
21. Arrêté relatif aux programmes de l'enseignement de l'histoire naturelle dans les Collèges (première année), 5 novembre 1833, *BU*, tome 3, pp. 389-396.
22. Ordonnance qui détermine les grades exigés pour pouvoir prendre des inscriptions dans les facultés de droit et de médecine, 9 août 1836, *BU*, tome 5, pp. 197-198.
23. Arrêté déterminant le statut sur l'enseignement des collèges, 5 mars 1847, *BU*, tome 16, pp. 45-48.
24. Instruction relative à l'exécution de l'arrêté du 5 mars 1847, concernant les modifications apportées au plan d'étude des collèges et à l'organisation de l'enseignement secondaire spécial, 6 août 1847, *BU*, tome 16, p. 133.
25. Arrêté relatif au programme de l'enseignement spécial établi dans les collèges royaux (1^{re} année), 22 septembre 1847, *BU*, tome 16, pp. 181-192.
26. Arrêté relatif aux règlement et programme des trois années de l'enseignement spécial établi dans les Lycées et les Collèges, 17 octobre 1848, *BU*, tome 17, pp. 303-340.
27. Arrêté révisant les programmes des trois années de l'enseignement spécial établi dans les lycées et collèges de la République, 17 septembre 1849, *BU*, tome 18, pp. 189-234.
28. Arrêté relatif au règlement pour le baccalauréat ès lettres et au programme de l'examen, 26 novembre 1849, *BU*, tome 18, pp. 300-320.
29. Décret relatif au nouveau plan d'études des lycées et des facultés, 10 avril 1852, *BA*, tome 3, pp. 53-63.
30. Rapport fait au ministre par la commission mixte de préparation des programmes de l'enseignement scientifique, 23 juillet 1852, *BA*, tome 3, pp. 101-117.
31. Arrêté relatif au plan d'études des lycées, 30 août 1852, *BA*, tome 3, pp. 130-228.
32. Règlements et programmes du baccalauréat ès lettres et ès sciences, 5 et 7 septembre 1852. *BA*, tome 3, pp. 243-297.
33. Arrêté réglementant l'examen et les programmes du baccalauréat ès sciences, 7 août 1857,

Journal Général de l'Instruction Publique, 26 août 1857.

34. Arrêté relatif au rétablissement du baccalauréat ès lettres pour les aspirants au doctorat en médecine, 23 août 1858, *BA*, tome 9, p. 213-218.
35. Circulaire contenant une révision des programmes de la section sciences des lycées, 5 octobre 1859, *BA*, tome 10, pp. 175-205.
36. Arrêté et programmes relatifs à l'enseignement scientifiques des lycées, 12 septembre 1863, *BA*, tome 14, pp. 235-268.
37. Arrêté révisant les programmes de l'enseignement scientifique des lycées, 2 décembre 1863, *BA*, tome 14, pp. 422-453.
38. Rapport à l'Empereur et décret abolissant la division des classes d'humanités en deux sections, 27 novembre 1864, *BA*, 2, tome 2, pp. 614-615.
39. Arrêté et circulaire relatifs à l'envoi aux Recteurs des programmes modifiés pour l'enseignement littéraire et scientifique des lycées, 24 et 25 mars 1865, *BA*, 2, tome 3, pp. 341-387.
40. Loi portant organisation de l'enseignement secondaire spécial, 21 juin 1865, *Recueil des lois et actes*, 1865, pp. 333-335.
41. Document officiel portant envoi aux recteurs du plan d'études de l'enseignement spécial et de divers documents relatifs à l'exécution de la loi du 21 juin 1865, 6 avril 1866, *BA*, 2, tome 5, pp. 400-409, et 4 juin 1866, *ibid.*, pp. 585-801.
42. Arrêté relatif au nouveau plan d'études pour l'enseignement secondaire des lycées, 23 juillet 1874, *BA*, 2, tome 17, pp. 478-540.
43. Circulaire à MM. les Provisaires relative aux promenades, 27 septembre 1872, *BA*, 2, tome 15, pp. 562-589.
44. Arrêté relatif aux plan d'études et programmes de l'enseignement secondaire classique, 2 août 1880, *BA*, 1880, pp. 889-939.
45. Décret relatif au baccalauréat de l'enseignement secondaire spécial, 28 juillet 1882, *BA*, tome 27, pp. 201-208.
46. Arrêté apportant des allègements aux programmes de l'enseignement secondaire classique, 22 janvier 1885, *BA*, tome 37, pp. 220-228.
47. Décret portant réorganisation de l'enseignement secondaire spécial, 8 août 1886. *BA*, tome 40, p. 231, et également, *RLR*, N°31, pp. 500-501.
48. Loi du 30 octobre 1886 sur l'organisation de l'enseignement primaire ; décret et arrêté du 18 janvier 1887. *RLR*, N°3, pp. 25-90.
49. Lettre du ministre de l'Instruction publique, Léon Bourgeois, aux membres du personnel administratif et enseignant des lycées et collèges, 15 juillet 1890, *BA*, 2, tome 48, pp. 415-427.
50. Décret et arrêté constituant un baccalauréat unique de l'enseignement secondaire classique, 8 août 1890, *BA*, nouv. série, tome 48, p. 247 et 554.
51. Décret et arrêté relatifs au baccalauréat de l'enseignement secondaire moderne, 5 juin 1891. *BA*, 2, tome 49, pp. 570-579.
52. Arrêté déterminant le plan d'études et les programmes de l'enseignement secondaire moderne. 15 juin 1891. *BA*, 2, tome 49, pp. 603-666.
53. Arrêté déterminant les programmes de l'enseignement secondaire dans les collèges et lycées de jeunes filles, 27 juillet 1897. *BA*, 2, tome 49, pp. 454-493.
54. Rapport de Louis Mangin et arrêté relatif à l'enseignement de la géologie dans les classes de

l'enseignement secondaire classique et de l'enseignement secondaire moderne, 6 août 1898, *BA*, 2, tome 64, pp. 595-599.

55. Décret du 31 mai 1902, relatif au plan d'études secondaires et décret du 22 juillet 1902, relatif aux sanctions du baccalauréat, *BIP*, p. 705.
56. Décret relatif au plan d'étude secondaire et aux conditions et à la nature des épreuves du baccalauréat, 31 mai 1902, *BIP*, p.705
57. Instructions relatives au plan d'études secondaires du 31 mai 1902, 19 juillet 1902, *BA*, 2, tome 72, pp. 201-212.
58. Arrêté allégeant les programmes de mathématiques, de physique, de chimie et de sciences naturelles dans les lycées et les collèges de garçons (à compter de la rentrée 1913), 4 mai 1912, *BA*, 2, tome 91, pp. 710-734.
59. Circulaire relative aux programmes modifiés des sciences mathématiques, physiques et naturelles dans les lycées et collèges de garçons, 23 mai 1912, *BA*, 2, tome 91, pp. 811-812.
60. Arrêté modifiant les programmes des écoles primaires supérieures, 18 août 1920, *BAMIP*, N° 2442, pp. 727-764.
61. Décret portant réforme de l'enseignement secondaire du 3 mai 1923 et arrêté du 3 décembre 1923, *BAMIP*,
62. Décret prévoyant pour la rentrée scolaire de 1924 l'ouverture de classes de 6^e B et 5^e B pour prendre en compte une diversité d'intérêt des élèves, 9 août 1924, *BAMIP*,
63. Arrêté relatif aux horaires des classes de 6^e B et 5^e B, 11 août 1924, *BAMIP*,
64. Décret, relatif aux programmes et horaires des classes de lycées et collèges de garçons, 13 mai 1925, *BAMIP*, N°2563, pp. 6-8.
65. Décret relatif à un enseignement commun des élèves de 6^e, 5^e, 4^e et 3^e du secondaire et à ceux de l'année préparatoire, des 1^{re}, 2^e et 3^e années de l'enseignement primaire supérieur, 1 octobre 1926, *BAMIP*, N°2576, pp. 115-120.
66. Décret portant réorganisation du baccalauréat de l'enseignement secondaire, 7 août 1927, *BAIP*, N°2598, p. 344. ou *BOMEN*, 1927, p. 345.
67. Circulaire relative à l'enseignement des sciences naturelles dans les établissements de l'enseignement secondaire, 14 octobre 1929, *BAMIP et Beaux arts*, N°2648, pp. 425-426.
68. Décret réorganisant l'enseignement dans les écoles primaires supérieures et posant le principe de l'identité des programmes entre le premier cycle du secondaire et les EPS, 21 mai 1937,
69. Arrêté fixant les programmes du 1^{er} cycle du second degré et des EPS, 11 avril 1938,
70. Loi relative à l'organisation générale de l'enseignement public, 15 août 1941,
71. Décrets relatifs à l'organisation des enseignements classiques et des enseignements modernes, 15 août 1941,
72. Arrêté relatif aux horaires de l'enseignement secondaire public, 17 août 1941,
73. Arrêté fixant les programmes transitoires de l'enseignement secondaire, 22 septembre 1941,
74. Décret relatif au baccalauréat, 7 mai 1942,
75. Ordonnance frappant de nullité toutes les décisions officielles postérieures à la chute, dans la journée du 16 juin 1940, du dernier gouvernement légitime de la République française, 9 août 1944, *JO* du 12 septembre 1944.
76. Arrêté relatif aux horaires des établissements du second degré, 27 juin 1945, *BOME*, N°38, p. 2560.

77. Arrêté fixant les horaires et programmes de la classe de seconde et les programmes de sciences naturelles applicables dans les classes terminales de l'enseignement public du second degré, 13 octobre 1951,
78. Arrêté fixant les horaires et programmes de la classe de première, 19 août 1952,
79. Décret relatif aux nouvelles séries du baccalauréat de l'enseignement secondaire pour les sessions de 1953, 13 octobre 1952, *JO* du 15 octobre 1952.
80. Décret relatif à la réforme de l'enseignement public, 6 janvier 1959, *BOEN*, t. 1, p. 45
81. Circulaire relative à l'arrêté du 20 juillet 1960 sur les travaux scientifiques expérimentaux au programme des classes du cycle d'observation, 8 septembre 1960,
82. Arrêté relatif aux horaires hebdomadaires dans les classes de second cycle des lycées classiques, modernes et techniques, 10 juin 1965, *BOME*, pp. 1372-1373.
83. Arrêté relatif aux programmes de sciences naturelles des classes de première et de terminale, 26 juillet 1966, *BOME*, pp. 1746-1761.
84. Circulaire contenant les instructions relatives à l'enseignement de la biologie (initiation expérimentale) en 6^eI et 6^eII (ex-classes de 6^e classique et 6^e moderne 1 et 2) pour l'année scolaire 1968-1969, 17 octobre 1968, *CIO*, pp. 74-76.
85. Loi du 11 juillet 1975 relative à l'éducation, 24 juillet 1975, *BOME*, n°29.
86. Arrêté relatif aux programmes des classes de 4^e et 3^e (du 16 novembre 1978), *B.O.* N° spécial 4 bis du 11 janvier 1979, p. 454.
87. Arrêté portant sur l'organisation des enseignements et aménagement des horaires de la classe de seconde des lycées (du 31 octobre 1980), *BOEN*, N°41 du 20 novembre 1980. pp. 3282-3285.
88. Arrêté relatif au programme de la classe de seconde (du 26 janvier 1981), *BO*, N°45 du 10 décembre 1981. p. 3865.
89. Arrêté relatif aux programmes des classes de première et de terminale (du 9 mars 1982), *BOEN*, N° spécial 3, du 22 avril 1982. p. 71. et *BO*, N°32 du 16 septembre 1982, p. 2909. et *B.O.* N°38 du 28 octobre 1982, p. 3690.
90. Arrêté relatif aux programmes des classes des collèges (du 14 novembre 1985), *BOEN*, N°44 du 12 décembre 1985, p. 3129.
91. Arrêté modifiant les programmes des classes de seconde (des 14 mars 1986 et 30 juin 1986) *B.O.* N° spécial 1 du 5 février 1987 et *BO* spécial N°3 du 9 juillet 1987.
92. Programmes des classes de première et terminale, *BO* n° 21 du 2 juin 1988.
93. Arrêté relatif aux nouveaux programmes des classes de seconde, première et terminale des lycées (du 10 juillet 1992), *B.O.* N°32 du 6 août 1992 et *BO* Hors série du 24 septembre 1992. pp. 47-67.
94. Arrêté relatif au programme de sciences de la vie et de la Terre de la classe terminale de la série S (du 8 avril 1994), *BO* N°6 du 9 juin 1994, pp. 24-53.

Annexe 3 : Corpus des manuels scolaires étudiés classés par ordre alphabétique des éditeurs

1. Ancienne maison Quantin/Librairies-imprimeries réunies. 1888. Cours de géologie. Classe de 5^e.

Priem, F., Paris.

2. Baillièrre et fils. 1874. Eléments de paléontologie et de géologie. Contejean, C., Paris, XX-747 p.
3. Baillièrre et fils. 1939 ? Sciences naturelles : classe de 4^e et 2^e année EPS. Collection scientifique. Bresse, G., Schlegel, C. et Bonnet, E., Paris, 424 p.
4. Belin. 1877. Atlas de Géologie primaire comprenant les notions élémentaires de la géologie stratigraphique, exposées d'après une méthode nouvelle. B, E.-H., Paris, 72 p.
5. Belin. 1896. Cours complet d'histoire naturelle à l'usage des EPS de garçons et de filles. 3^e année. Daguillon, A., Paris, 392 p.
6. Belin. 1979. Sciences naturelles, Géologie, Biologie humaine, 4^e. Cours Debrune. Debrune, M., Debrune, M.-P., Brun-Cottan, F., Viennet, C. et Brun-Cottan, J.-C., Paris, 158 p.
7. Belin. 1980. Fichier pédagogique . Sciences naturelles : biologie humaine, géologie, 3^e. Cours Debrune. Debrune, M.-P., Debrune, M. et Brun-Cottan, F., Paris, 112 p.
8. Belin. 1980. Sciences naturelles : biologie humaine, géologie, 3^e. Cours Debrune. Debrune, M., Debrune, M.-P. et Brun-Cottan, F., Paris, 192 p.
9. Belin. 1988. Géologie, Biologie, 4^e. Leroy, C., Brun-Cottan, F., Cayet, F., Rullier, B. et Viaux, C., Paris, 192 p.
10. Belin. 1993. Sciences de la Vie et de la Terre 2nde. Faure, C. et *al.*, Paris, 238 p.
11. Bordas. 1972. Sciences naturelles, classe de 1^{re} D. Tome II : géologie. Collection de sciences naturelles, II. Borie, J.-L., Paris, 192 p.
12. Bordas. 1974. Géologie 4^e. Collection de Sciences naturelles. Rudel, A. et Treilhou, C., Paris, 224 p.
13. Bordas. 1978. Géologie, Biologie, 4^e. Désiré, C. et *al.*, Paris, 160 p.
14. Bordas. 1980. Biologie, Géologie, 3^e. Collection C. Désiré et R. Tavernier. Désiré, C. et *al.*, Paris, 192 p.
15. Bordas. 1980. Biologie-Géologie 3^e. Tavernier, R. et *al.*, Paris, 192 p.
16. Bordas. 1987. Biologie seconde. Collection Tavernier. Tavernier, R. et *al.*, Paris, 271 p.
17. Bordas. 1988. Biologie, géologie, première S. Collection Tavernier. Tavernier, R. et *al.*, Paris, 352 p.
18. Bordas. 1988. Géologie, Biologie, 4^e. Collection Tavernier. Tavernier, R., Lamarque, J., Lamarque, P., Lizeaux, C. et Videaud, A., Paris, 192 p.
19. Bordas. 1993. Sciences de la Vie et de la Terre, 1^{re} S. Livret du professeur. Tavernier, R. et *al.*, Paris, 110 p.
20. Bordas. 1993. Sciences de la Vie et de la Terre, 1^{re} S. Tavernier, R. et *al.*, Paris, 400 p.
21. Bordas. 1993. Sciences de la Vie et de la Terre, Seconde. Tavernier, R. et *al.*, Paris, 320 p.
22. Bordas. 1994. Sciences de la Vie et de la Terre, T^{erm} S, enseignement obligatoire. Tavernier, R. et *al.*, Paris, 400 p.
23. Bordas. 1994. Sciences de la Vie et de la Terre, T^{erm} S, enseignement de spécialité. Tavernier, R. et *al.*, Paris, 160 p.
24. Bureau de la bibliothèque ecclésiastique. 1839. Précis d'histoire naturelle. Géologie, Minéralogie, Botanique, I. Gilbert, J. et Martin, C.A.F., Paris, 549 p.
25. Bureau de la publication. 1865. Histoire naturelle élémentaire. Collection l'école mutuelle, cours complet d'éducation populaire. Ysabeau, A., Paris, 205 p.
26. Colin. 1903. Géologie, étude des phénomènes actuels. Colomb, G. et Houllbert, C., Paris, 171 p.
27. Colin. 1940. Sciences naturelles, Classes de 4^e A et B, 2^e année des EPS. Lazerges, E., Paris, 292 p.
28. Colin. 1942. Zoologie, Géologie, classe de 5^e. Lazerges, E., Paris, 444 p.
29. Colin. 1967. Travaux pratiques de sciences naturelles, 1^{re} D. Pichard, P., Leroy, C., Mercier, R., Létolle, R. et Mercier, J., Paris, 128 p.
30. De Gigord, A. Mame et fils. 1922. Géologie, Etude des phénomènes actuels, classe de quatrième. Cours de sciences physiques et naturelles. G.-M., F., Paris, Tours, 276 p.
31. De Gigord. 1928. Sciences naturelles du BE et 2^e année EPS. Dalbis, L.-J. et Chauvet, P., Paris, 238 p.
32. De Gigord, Librairie générale A. Mame et fils. 1932. Cours d'Histoire naturelle pour le brevet

élémentaire : les 3 années réunies. Réunion de professeurs, Paris/Tours, 546 p.

33. Delagrave. 1890. Sciences naturelles : Géologie, zoologie et botanique, 2^e année enseignement secondaire des jeunes filles. Enseignement secondaire des jeunes filles. Fabre, J.-H., Paris, 521 p.
34. Delagrave. 1905? Histoire naturelle, 2^e année. Bibliothèque des Ecoles Normales. Bouvier, E.-L. et Simiet, H., Paris, 540 p.
35. Delagrave. 1938. Sciences naturelles : Géologie, 4^e. Lemoine, P., Paris.
36. Delagrave. 1951. Sciences naturelles, classe de 4^e. Nouveau cours de sciences de l'enseignement du second degré. Chadefaud, M. et Régnier, V., Paris, 303 p.
37. Delalain frères successeurs. 1889. Histoire naturelle. Cours élémentaire d'études scientifiques. Langlebert, J., Paris, 628 p.
38. Delalain Jules et fils. 1882. Eléments usuels de sciences physiques et naturelles, 1. Bouant, E., Paris.
39. Delalain Jules et fils. 1883. Eléments d'histoire naturelle des pierres et des terrains. Bouant, E., Paris.
40. Deterville. 1804. Traité élémentaire d'histoire naturelle. Duméril, A.M.C., Paris.
41. Deterville. 1807. Traité élémentaire de minéralogie, avec des applications aux arts. Ouvrage destiné à l'enseignement dans les lycées nationaux, I et II. Brongniart, A., Paris.
42. Dupont, Paul. 1893 ? Pierres et terrains. Eléments d'histoire naturelle. Bonnier, G., Paris, 173 p.
43. Dupont, Paul. 1896 ? Cours complet d'histoire naturelle (Zoologie, Botanique, Géologie). Bonnier, G., Paris, 607 p.
44. Hachette Education. 1993. Biologie, Géologie, 1^{re} S. Sciences de la Vie et de la Terre. Calamant. Calamant, C. et *al.*, Paris, 382 p.
45. Hachette Education. 1993. Biologie, Géologie, 2^{nde}. Sciences de la Vie et de la Terre. Calamet. Calamet, C. et *al.*, Paris, 288 p.
46. Hachette Education. 1994. Biologie, Géologie, T^{erm} S. Sciences de la Vie et de la Terre. Calamet. Calamet, C. et *al.*, Paris, 432 p.
47. Hachette et Cie. 1864. La Terre avant le déluge. Figuiet, L., Paris, 472 p.
48. Hachette et Cie. 1869. Notions élémentaires d'histoire naturelle, 2. Gervais, P., Marchet, L. et Raulin, V., Paris.
49. Hachette et Cie. 1918. Leçons pratiques de sciences physiques et naturelles...cours supérieur et complémentaire. Ledoux, P., Paris, 440 p.
50. Hachette. 1833. Précis élémentaire d'histoire naturelle, I. Delafosse, G., Paris, 358 p.
51. Hachette. 1837. Notions de physique et de chimie, leçons d'histoire naturelle et principes raisonnés de la musique. Sonnet, Delafosse et Quicherat, Paris.
52. Hachette. 1927. Cours d'Histoire Naturelle, 2^e année des EPS. Enseignement Primaire Supérieur. Fraysse, A., Paris, 234 p.
53. Hachette. 1937. Sciences naturelles, 2^e année EPS. Famin, A., Paris, 356 p.
54. Hachette. 1939. Sciences naturelles, 4^e A et B, 2^e année des EPS et CC. Boulet, V. et Oubé, A., Paris.
55. Hachette. 1939. Sciences naturelles, classes de 4^e A et B, 2^e EPS et CC. Boulet, V. et Oubé, A., Paris, 506 p.
56. Hachette. 1947. Sciences naturelles, géologie : classe de 4^e A et B. Cours V. Boulet et A. Oubé. Oubé, A., Paris, 378 p.
57. Hachette. 1952. Sciences d'observation, classe de 4^e des Cours Complémentaires. Enseignement des cours complémentaires. Orioux, M., Paris, 298 p.
58. Hachette. 1953. Géologie, classe de 4^e. Cours de sciences naturelles. Ballet, R., Paris, 344 p.
59. Hachette. 1959. Géologie. Sciences naturelles. Ballet, R. et Salvaing, A., Paris, 224 p.
60. Hachette. 1966. Sciences naturelles, 4^e. Orioux, M. et Everaere, M., Paris, 254 p.
61. Hachette. 1967. Biologie, Géologie, classe de 1^{re} D. Campan et *al.*, Paris, 402 p.
62. Hachette. 1973. Sciences naturelles 4^e. Orioux, M. et Everaere, M., Paris, 206 p.
63. Hachette. 1979. Sciences naturelles, géologie/biologie humaine, 4^e. Larue, R., Hatem, J., Gelé, J. et Maisonhaute, M., Paris, 176 p.
64. Hachette. 1980. Sciences naturelles, biologie/géologie, 3^e. Larue, R., Hatem, J., Gelé, J. et

Maisonhaute, M., Paris, 176 p.

- 65.Hachette. 1982. Sciences naturelles, 1^{re} scientifique. Collection J. Gourlaouen. Gourlaouen, J. et *al.*, Paris, 334 p.
- 66.Hachette. 1985. Sciences naturelles : les êtres vivants dans leur milieu. 2^{nde}. Morère, J.-L. et *al.*, Paris, 239 p.
- 67.Hachette. 1987. Sciences et techniques biologiques et géologiques, 2^{nde}. Morère, J.-L. et *al.*, Paris, 256 p.
- 68.Hachette. 1988. Biologie, Géologie, 4^e. Lauerjat, J. et *al.*, Paris, 207 p.
- 69.Hachette. 1990. Biologie, Géologie : Seconde, livre du professeur. Collection ADN. Darmedru, D. et *al.*, Paris, 32 p.
- 70.Hachette. 1990. Biologie, Géologie : Seconde. Collection ADN. Darmedru, D. et *al.*, Paris, 284 p.
- 71.Hatier. 1913. Les sciences naturelles du brevet élémentaire, cours complémentaires. Brémant, A., Paris, 391 p.
- 72.Hatier. 1932. Sciences naturelles, 1^{re}, 2^e et 3^e années EPS. Billard, A., Touren, C. et Billard, M., Paris.
- 73.Hatier. 1935. Les sciences naturelles du brevet élémentaire. Géologie, Anatomie et Physiologie animale, Anatomie et Physiologie végétale, Hygiène, Puériculture. Brémant, A., Paris, 552 p.
- 74.Hatier. 1946. Géologie, botanique. Classe de 4^e classique et moderne. Oria, M., Paris, 350 p.
- 75.Hatier. 1947. Sciences d'observation : Géologie, Botanique : classe 4^e cours complémentaire. Cours complémentaire. Oria, M., Paris, 352 p.
- 76.Hatier. 1959. Géologie, classe de 4^e classique et moderne. Oria, M., Paris, 331 p.
- 77.Hatier. 1963. Sciences naturelles : 4^e. Géologie. Nouveau cours Oria. Oria, M., Paris, 240 p.
- 78.Hatier. 1969. Biologie-Géologie : livre de documentation à l'usage des Professeurs 1^{re} D. Cours Oria. Oria, M. et *al.*, Paris, 192 p.
- 79.Hatier. 1970. Géologie Biologie, 1^{re} D. Cours Oria. Oria, M. et *al.*, Paris, 384 p.
- 80.Hatier. 1973. Documents pour l'introduction à l'étude des sciences de la Terre, Géologie 4^e, Eveil à la vie. Collection Marcel Oria. Bergeron, J., Ducroz, M. et Gohau, G., Paris, 160 p.
- 81.Hatier. 1973. Géologie 4^e : documents pour l'introduction à l'étude des sciences de la terre. Oria, M., Paris.
- 82.Hatier. 1979. Géologie, biologie humaine, 4^e. Eveil à la vie. Bergeron, J., Gohau, G., Hervé, J.-C., Lemaitre, J.-P. et Monier, J., Paris, 176 p.
- 83.Hatier. 1980. Biologie humaine, géologie, 3^e. Eveil à la vie. Bergeron, J., Gohau, G., Hervé, J.-C., Lemaitre, J.-P. et Monier, J., Paris, 208 p.
- 84.Hatier. 1982. Biologie, Géologie, 1^{re} S. Hervé, J.-C. et *al.*, Paris, 320 p.
- 85.Hatier. 1987. Sciences et techniques biologiques et géologiques, seconde. Hervé, J.-C. et *al.*, Paris, 288 p.
- 86.Hatier. 1993. Sciences de la Vie et de la Terre, Première S. Le Bellégar, M. et *al.*, Paris, 352 p.
- 87.Hatier. 1993. Sciences de la Vie et de la Terre, Seconde. Le Bellégar, M. et *al.*, Paris, 288 p.
- 88.Hiver. 1839. Cours méthodique d'histoire naturelle, d'après les plus célèbres naturalistes modernes. Boreau, V. et Lartigue, Paris, 488 p.
- 89.Istra-Casteilla. 1987. Sciences et techniques biologiques et géologiques : La vie et la Terre, 2^{nde}. Collection Godet-Kern. Godet, G. et *al.*, Paris, 272 p.
- 90.Istra-Casteilla. 1988. La vie et la Terre, classe de première S. Godet, G. et *al.*, Paris, 320 p.
- 91.Langlois et Leclercq, Victor Masson. 1843 Cours élémentaire d'histoire naturelle, à l'usage des Collèges, des Séminaires et des Maisons d'Education. Beudant, F.-S., Paris, 335 p.
- 92.Langlois. 1858. Minéralogie. Cours élémentaire d'Histoire naturelle, à l'usage des lycées, collèges, séminaires et maisons d'enseignement. Beudant, F.S., Paris.
- 93.Larousse. 1902 ? Conférences de géologie, classes de seconde A, B, C et D. Cours complet d'histoire naturelle à l'usage des lycées et collèges. Faideau, F. et Robin, A., Paris.
- 94.Larousse. 1902 ? Géologie élémentaire, les phénomènes actuels. Cours complet d'histoire naturelle à l'usage des lycées et collèges. Faideau, F. et Robin, A., Paris.
- 95.Larousse. 1910 ? Les sciences physiques et naturelles, enseignement primaire, cours moyen et

supérieur. Dutilleul, J. et Ramé, E., Paris, 288 p.

96.Larousse. 1928. Géologie, classe de 4^e. Brucker, E., Paris, 336 p.

97.Les éditions de l'école. 1949. Sciences naturelles. Géologie-Botanique, classe de 4^e des cours complémentaires. Bourreil, G., Paris, 249 p.

98.Les éditions de l'école. 1957. Sciences naturelles : Géologie, classe de 4^e. Bourreil, G., Paris, 237 p.

99.Librairie générale. 1935. Cours d'histoire naturelle : les trois années réunies (brevet élémentaire). Réunion de Professeurs, Paris, 546 p.

100.Louis. 1801. Traité de minéralogie. Haüy, R.J., Paris.

101.Magnard. 1979. 4^e, sciences naturelles. Collection Biogéol. Biogéol, Paris, 160 p.

102.Magnard. 1979. Sciences naturelles, 4^e, livre du professeur. Collection Biogéol. Biogéol, Paris, 192 p.

103.Magnard. 1980. 3^e, sciences naturelles. Collection Biogéol. Biogéol, Paris, 176 p.

104.Magnard. 1983. 4^e, sciences naturelles. Collection Biogéol. Biogéol, Paris, 176 p.

105.Magnin/Blanchard et Cie. 1860. Cours élémentaires d'histoire naturelle. Géologie, III. Mulsant, E., Paris, 143 p.

106.Maire-Nyon, Klefer. 1841. Eléments d'histoire naturelle. De Guernel, F., Paris, Versailles.

107.Masson, Victor. 1853. Cahiers d'histoire naturelle : Géologie. Milne-Edwards, H. et Comte, A., Paris, 163 p.

108.Masson. 1841. Précis d'histoire naturelle. Milne-Edwards, A., Paris, 269 p.

109.Masson. 1949. Géologie et ères géologiques, classe de 4^e. Démousseau, A. et Haumesser, J., Paris, 302 p.

110.Nathan, F. 1932. Manuel de Sciences Naturelles, 1^{re} année des EPS. Enseignement Primaire Supérieur. Eisenmenger, G. et Coupin, H., Paris, 254 p.

111.Nathan, F. 1936. Travaux pratiques de Sciences naturelles, à l'usage des écoles normales, des candidats au BS, au professorat des EN et des EPS, au concours d'admission aux ENS. Guignon, G., Paris, 215 p.

112.Nathan, F. 1961 ? Cahier de travaux pratiques expérimentaux : l'homme et la nature, classe de 5^e. Ragon, A., Paris.

113.Nathan, F. 1980. Biologie humaine, géologie, 3^e. L'homme et la nature. Escalier, J. et *al.*, Paris, 162 p.

114.Nathan, F.. 1982. Biologie, Géologie, 1^{re} S. Collection J. Escalier. Escalier, J. et *al.*, Paris, 291 p.

115.Nathan, F.. 1987. Sciences et techniques biologiques et géologiques. Biologie, Géologie, 2nde. Collection J. Escalier. Escalier, J. et *al.*, Paris, 256 p.

116.Nathan. 1909. Géologie, premier cycle, classe de 4^e A et 5^e B. Enseignement secondaire des lycées et collèges. Coupin, H. et Boudret, E., Paris, 350 pp.

117.Nathan. 1930. Manuel de sciences naturelles, 2^e année EPS. Eisenmenger, G. et Coupin, H., Paris, 346 pp.

118.Nathan. 1939. Sciences naturelles : Géologie et Botanique, classe de 4^e et 2^e année des EPS et CC. Eisenmenger, G., Paris, 382 p.

119.Nathan. 1988. Biologie, Géologie, 1^{re} S. Collection J. Escalier. Escalier, J. et *al.*, Paris, 320 p.

120.Nathan. 1988. Biologie, Géologie, 4^e. Sciences et techniques d'aujourd'hui. Périlleux, E. et *al.*, Paris, 239 p.

121.Nathan. 1990. Biologie Géologie Seconde. Demounem, R. et *al.*, Paris.

122.Nathan. 1993. Sciences de la Vie et de la Terre : option sciences expérimentales 1^{re} S. Biton, J.-C. et *al.*, Paris.

123.Nathan. 1993. Sciences de la Vie et de la Terre, 1^{re} S. Demounem, R. et *al.*, Paris, 352 p.

124.Nathan. 1993. Sciences de la Vie et de la Terre, 2nde. Demounem, R. et *al.*, Paris, 240 p.

125.Nathan. 1994. Sciences de la vie et de la Terre : enseignement de spécialité, T^{em} S. Demounem, R. et *al.*, Paris, 136 p.

126.Nathan. 1994. Sciences de la vie et de la Terre : enseignement obligatoire, T^{em} S. Demounem, R. et *al.*, Paris, 384 p.

- 127.Nathan. 1994. Sciences de la vie et de la Terre : enseignements obligatoire et de spécialité, T^{em}
S. Livre du professeur. Demounem, R., Gourlaouen, J. et Périlleux, E., Paris, 224 p.
- 128.Nathan. 1995. Biologie-Géologie, 4^e. Périlleux, E. et *al.*, Paris, 191 p.
- 129.Savy. 1867. Géologie à l'usage des lycées, des séminaires, des établissements d'instruction
publique. Nouveaux éléments d'histoire naturelle. Lambert, E., Paris.
- 130.SCODEL. 1979. Géologie, biologie humaine : 4^e. Ferguson, J. et *al.*, Paris, 160 p.
- 131.SCODEL. 1980. Physiologie humaine, géologie, 3^e. Ferguson, J. et *al.*, Paris, 160 p.
- 132.SCODEL. 1983. Sciences naturelles 4^e. Ferguson, J. et *al.*, Paris, 157 p.
- 133.Technique & vulgarisation. 1979. Sciences naturelles, 4^e, livre du maître. Cahuzac-Lieuzere, S.,
Freytet, P., Lacassagne, M. et Leveaux-Floch, J., Paris, 48 p.
- 134.Technique & Vulgarisation. 1979. Sciences naturelles, 4^e. Cahuzac-Lieuzère, S., Freytet, P.,
Lacassagne, M. et Leveaux-Floch, J., Paris, 128 p.
- 135.Technique & Vulgarisation. 1980. Sciences naturelles, 3^e. Breton, D., Dupont, M. et Freytet, P.,
Paris, 160 p.
- 136.Vuibert et Nony. 1908. Histoire naturelle (anatomie, physiologie, paléontologie) : Philosophie
A et B, Mathématiques A et B... Caustier, E., Paris, 683 p.
- 137.Vuibert. 1912 ? Sciences naturelles (Anatomie, Physiologie, Géologie) et Hygiène : Classes de
Philosophie et de Mathématiques. Caustier, E., Paris, 767 p.
- 138.Vuibert. 1926. Les pierres et les plantes. Cours élémentaires de sciences naturelles. Caustier, E.,
Paris, 324 p.
- 139.Vuibert. 1953. Sciences naturelles, classe de 4^e. Vincent, P., Paris, 424 p.
- 140.Vuibert. 1963. Sciences naturelles, classe de 4^e moderne. Vincent, P., Paris, 415 p.
- 141.Vuibert. 1966. Sciences naturelles, classe de 4^e des Lycées et Collèges d'enseignement général.
Collection Vincent. Vincent, P., Paris, 381 p.
- 142.Vuibert. 1970. Sciences naturelles : 1^{re} D. Collection Vincent. Vincent, P., Paris, 314 p.
- 143.Vuibert. 1972. Sciences naturelles, classes de 4^e I et II. Collection Vincent. Vincent, P., Paris,
159 p.