HAL
open science

Le patrimoine géologique de l'arc alpin : De la médiation scientifique à la valorisation géotouristique

Nathalie Cayla

To cite this version:

Nathalie Cayla. Le patrimoine géologique de l'arc alpin : De la médiation scientifique à la valorisation géotouristique. Géographie. Université de Savoie, 2009. Français. NNT : . tel-00459658

HAL Id: tel-00459658

https://theses.hal.science/tel-00459658v1

Submitted on 24 Feb 2010

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

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

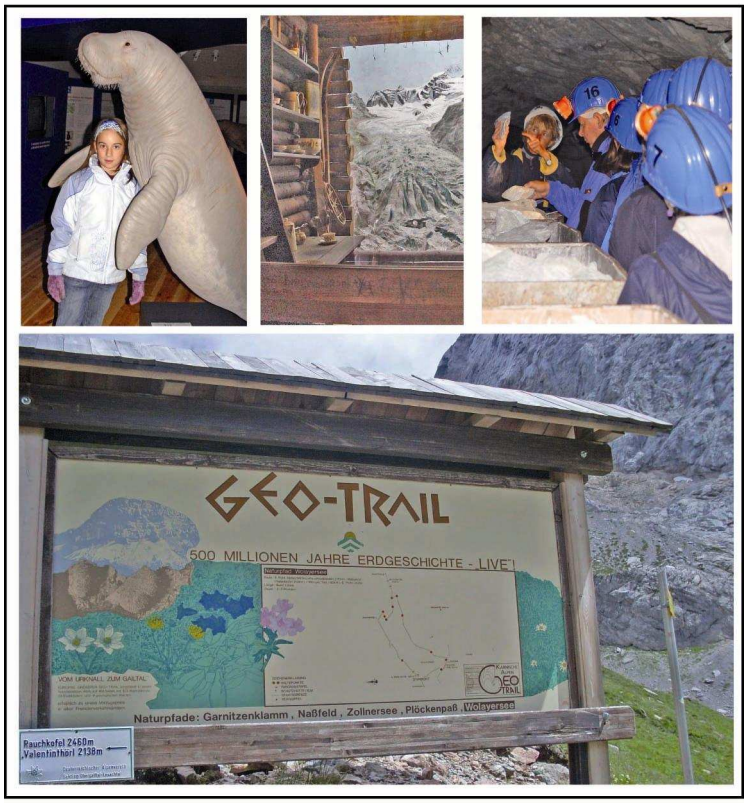
Thèse de Doctorat de Sciences de la Terre, de l'Univers et de l'Environnement
Université de Savoie, Ecole Doctorale SISEO

LE PATRIMOINE GEOLOGIQUE DE L'ARC ALPIN

DE LA MEDIATION SCIENTIFIQUE A LA VALORISATION GEOTOURISTIQUE

Nathalie CAYLA

Soutenue le 06 novembre 2009



Jury :

Rapporteurs	**Patrick De Wever**	Muséum national d'Histoire naturelle, Paris
	Emmanuel Reynard	Université de Lausanne
Examinateurs	**Michel Marthaler**	Université de Lausanne
	Dominique Sellier	Université de Nantes
	Christian Nicollet	Université Blaise-Pascal, Clermont-Ferrand
Directeurs de thèse	**Dominique Gasquet**	Université de Savoie, Chambéry
	Fabien Hoblea	Université de Savoie, Chambéry

Laboratoire EDYTEM
Environnements, Dynamiques et Territoires de la Montagne
cnrs
UNIVERSITE CHAMBERY ANNECY SAVOIE

Résumé

Le patrimoine géologique de l'arc alpin : De la médiation scientifique à la valorisation géotouristique

L'étude comparative des six pays de l'arc alpin, de la France à la Slovénie interroge la place occupée désormais par les géopatrimoines au sein du champ patrimonial ainsi que leur rôle comme support de développement local.

Une première analyse portant sur la chronologie des événements politiques, juridiques et sociaux permet de mettre en évidence des différences d'appropriation de ces nouveaux patrimoines expliquant les particularités institutionnelles observées dans chacun des pays considérés. Ainsi, l'Allemagne et l'Italie semblent davantage investies dans ce nouveau champ patrimonial. Depuis quelques années cependant, les autres pays, comblent rapidement leur retard.

Afin de vérifier ces premiers résultats sur le terrain, un indicateur spécifique a été retenu : le géotourisme. Il permet d'établir une typologie des géosites mis en valeur, typologie à partir de laquelle un inventaire de l'offre touristique a été réalisée. Un corpus de 388 géosites touristiques a alors été constitué. Son analyse montre que les deux formes principales d'offre géotouristique s'organisent autour de deux pôles : les sentiers d'interprétation qui relèvent d'un tourisme de nature et associent la randonnée à une approche naturaliste des géopatrimoines et la nébuleuse muséographique qui relève davantage d'un tourisme culturel. Mines, carrières, grottes et gorges, bien que moins nombreux complètent cette offre.

De nouvelles différences apparaissent entre les pays, L'Allemagne, l'Autriche et certains cantons suisses appuient leur offre touristique sur des géosites *in situ* : grottes, gorges, mines, carrières et sentiers d'interprétation montrant l'attirance du public dans ces pays pour la confrontation directe avec les objets géologiques. La France, l'Italie et certains cantons suisse ont davantage développé une offre *ex situ* qui s'appuie sur différentes catégories de musées, illustrant ici une approche davantage culturelle des patrimoines. Ce fait s'expliquant certainement par l'origine des acteurs ayant participé à la mise en valeur des géopatrimoines.

Chacun des sites géotouristique identifié a été développé dans le but de promouvoir un territoire. Ils peuvent aussi être considérés comme illustrant des événements de l'histoire géologiques anté-alpine et alpine des Alpes. Dans le but de mettre en valeur les meilleures pratiques de médiation et de valorisation observées sur le terrain, il a été choisi de sélectionner dans le corpus établi une centaine de sites permettant de retracer de façon chronologique cette histoire. Parallèlement à ce travail un site internet a été développé afin de matérialiser la mise en réseau des géosites retenus.

Alors que les acteurs locaux semblent désormais attentifs aux projets de développement liés au patrimoine géologique, il apparaît que le moment est désormais favorable à la constitution d'un réseau de compétences scientifiques et techniques international et transdisciplinaire capable de soutenir ces actions locales.

Abstract

Geological heritage of the Alpine arc:
From scientific mediation to geotouristic valorization

Comparing the six countries of the Alpine arc, from France to Slovenia allows for studying more globally the place of geoheritage within traditional heritage while showing its role as a support for local development.

At first a chronology of political, legal and social events is analysed in order to highlight how differences in the appropriation of these new heritages explain the institutional specificities observed in each country studied. Although initially only Germany and Italy were involved in this nascent patrimonial field, during the past few years the remaining countries have been quickly catching up.

To confirm these first results on the field, a specific indicator was used *geotourism*, on top of which was built a typology of enhanced geosites. An inventory of geotourism offers was then carried out based on this typology. A corpus of 388 sites dedicated to geotourism was built, which analysis showed an organization along two axis. On the one hand, interpretive trails pertaining to a nature-oriented form of tourism and associating hiking to a more naturalist approach of geoheritage. On the other hand, a museographic nebula pertaining to a more culturally-oriented tourism. Mines, quarries, caves and canyons complete this inventory, even so their contribution is comparatively modest in number.

Further differences between countries have recently appeared. Germany, Austria and some Swiss cantons built their offers *in situ* around caves, canyons, mines, quarries and geotrails, emphasizing country-specific taste for a direct interaction with geological objects. By contrast, France, Italy and some Swiss cantons have developed an *ex situ* offer based on various museums categories and illustrating a more cultural approach to natural heritage. It is likely that this difference stems from the origin of the actors involve in geotourism development.

Each geotouristic site studied was designed with the specific goal of promoting a territory. Interestingly, they can also be seen as illustrating the events from the ante-Alpine and Alpine geological history. To illustrate the best mediation and valorization practices observed in the field, about one hundred sites were selected from the corpus and organized into a chronological history path of the Alps. Concurrently, an internet site was developed so that to materialize the relationship between each geosite thus selected.

Since local actors are now aware of development projects linked to geological heritage, it seems this is the right time to create a network of scientific and technological competencies, extending beyond the boundaries of discipline and countries and supporting these local initiatives.

REMERCIEMENTS

Le temps venu des remerciements est un moment agréable. Soulagé du poids de la rédaction, on peut se retourner sur ces dernières années et se remémorer le travail de terrain et surtout les rencontres qui ont constitué le fond de cette étude. Ce doctorat m'aura permis de découvrir, dans les six pays parcourus, de très nombreux passionnés, professionnels et amateurs, qui ne me laisseront qu'un seul regret, celui de ne pas être devenue parfaitement polyglotte…

Mes premiers remerciements sont adressés aux membres du laboratoire au sein duquel s'est déroulée cette recherche.

Jean-Jacques Delannoy, directeur du laboratoire EDYTEM-UMR 5204, de l'Université de Savoie, grâce à qui règne, dans ces murs du Pôle Montagne, une convivialité qui encourage une dynamique de travail riche de partages et d'échanges.

Dominique Gasquet, géologue, professeur des Universités, qui a dirigé cette thèse, en lui distillant la rigueur académique nécessaire. Je le remercie pour son soutien constant dans les quelques moments de doute quand les charges de Prag conjuguées à celle d'une vie de famille et des devoirs d'élue local mettaient en péril l'avancée de mon travail de recherche.

Fabien Hobléa, géographe, maître de conférence, qui a co-dirigé cette thèse. Dès mon arrivée à l'Université de Savoie, il m'a initiée à cet univers de la recherche qui m'était jusqu'alors inconnu. Je lui dois aussi ma découverte du milieu souterrain dans les entrailles du Granier. Il possède un art certain de la maïeutique et sait guider et alimenter la réflexion sans jamais imposer ses points de vue.

Plusieurs collègues ont contribué directement à enrichir mes réflexions et faire progresser mes investigations. **Véronique Peyrache-Gadeau**, économiste, qui, par son approche originale des problèmes m'a permis d'élargir mes conceptions. **Christophe Gauchon**, géographe, qui a apporté tout au long de ce travail des informations importantes, suggéré des contacts à prendre, des investigations à poursuivre. **Mélanie Duval**, géographe, qui m'a permis de découvrir la Slovénie et dont j'admire la rigueur sémantique et la générosité humaine. **Philip Deline**, géomorphologue, qui, quand il ne voit pas la vie en rouge, la voit en blanc à la surface des glaciers. **Xavier Bernier**, géographe, adepte d'un rigorisme lexical source de discussions mémorables dans la « Salle Thé » du labo. **Lionel Laslaz** qui œuvre sans relâche pour que le métier d'enseignant perdure au travers de son concours le plus prestigieux, l'Agrégation. Enfin **Joëlle Rochas**, historienne, qui participe à la renaissance des cabinets de curiosité.

Je veux aussi adresser ma reconnaissance à **André Paillet**, ingénieur d'études pour sa gentillesse, sa patience et surtout son sens du partage. Je n'oublie pas non plus **Vincent**, **Estelle**, **Isabelle**, **Carole**, pour la qualité de leur travail quotidien et tous les doctorants qui comme moi parviennent au bout de leurs efforts cette année : **Dominique Baud**, **Bérengère Charnay**, **Miroslava Cierna-Plassmann**, **Sylvain Couterrand**, et **Souhail Hajri**. Un grand merci à **Jean-Marie Barneaud**, spécialiste des TICE à l'Université de Savoie, sans qui le site internet qui accompagne ce travail de recherche n'aurait pu être élaboré.

La recherche française concernant le patrimoine géologique, sa protection ou la didactique liée à cette discipline est active. La rencontre de ces acteurs ou la lecture de leur travail a largement contribué à cadrer mes recherches.

Je tiens à remercier en premier lieu **Patrick de Wever**, paléontologue au Muséum national d'Histoire naturelle, qui a bien voulu être le rapporteur de ce mémoire. Principal promoteur de l'inventaire du patrimoine géologique, on lui doit la progressive reconnaissance des

géopatrimoines au sein de la communauté géologique française. J'y associe **Annie Cornée**, géologue et ingénieure au Muséum.

J'ai rencontré, **Dominique Sellier**, géographe, professeur à l'Université de Nantes, lors d'un séminaire sur le patrimoine géologique dans le Val de Bagnes, en Suisse. Il a insufflé à cette thèse un petit air iodé et je le soupçonne d'être un adepte des aventures de Tintin et principalement du personnage du capitaine Haddock dont il possède la générosité, ainsi qu'un sens certain de la direction d'équipage… Je le remercie pour avoir bien voulu participer au jury de ce doctorat.

Je souhaite bon courage à **Claire Portal**, doctorante du laboratoire GEOLITTOMER de Nantes, pour la dernière ligne droite avant la soutenance.

Je remercie également **Christian Nicollet**, professeur de géologie à l'Université Blaise Pascal de Clermont-Ferrand, pionnier dans l'utilisation des TICE pour la médiation des géosciences pour s'être joint à mon jury.

Merci à **Anne Guyomard**, qui œuvre avec passion à la création d'un géoparc dans le Chablais, **Bruno Ancel**, archéologue minier, grâce à qui j'ai pu participer aux fouilles menées dans les mines du Fournel à l'Argentière La Bessée ; à **Christel Barde**, géographe à l'Université de Pau, pour m'avoir fait découvrir la Réserve Géologique de Haute-Provence et **Raymond Cirio**, enseignant de SVT, avec qui j'ai arpenté le Chenaillet et découvert le Centre Briançonnais de Géologie Alpine enfin, merci à l'équipe du Musée de l'ours des cavernes en Chartreuse et du Grand Filon des Hurtières pour leur aide active dans ce travail

Le territoire d'investigation de ce doctorat s'étendant sur les six pays de l'arc alpin de nombreuses personnes ont contribué à alimenter ce travail de recherche en m'accueillant sur leur territoire, en répondant à mes entretiens ou simplement en complétant les informations recueillies.

Emmanuel Reynard, géomorphologue à l'Université de Lausanne conjugue dans une même personne physique, plusieurs visages de la Suisse. Il possède la chaleureuse convivialité des valaisans qui pensent que la Suisse est l'autre pays du vin, la rigueur dans le travail des suisses alémaniques et la sagesse toute méridionale des tessinois. Je le remercie d'avoir accepté d'être l'un des rapporteurs de ce travail, qui doit beaucoup à la lecture de ses écrits et de ceux de l'ensemble des étudiants qui travaillent dans son sillage, en particulier **Jean-Pierre Pralong** et **Géraldine Bissig** .

Merci à **Michel Marthaler**, géologue alpin de l'Université de Lausanne qui œuvre au progrès des connaissances scientifiques sur la géologie des Alpes dans le souci constant de transmettre ses acquis au plus large public, et qui a bien voulu participé au jury de cette thèse. Je n'oublie pas son collaborateur **Micha Schlupp** pour son aide lors de laborieuses traductions de termes géomorphologiques suisses allemands.

Lors de mes séjours en Suisse j'ai été accueillie par **Danielle Decrouez**, directrice du Muséum d'histoire naturelle de Genève qui m'a guidé dans l'élaboration de ma liste de géosites. **David Imper**, géologue, maître d'œuvre de la candidature du chevauchement des Glaris au patrimoine mondial de l'UNESCO, m'a beaucoup appris sur les jeux d'acteurs en présence. L'accueil au Musée d'histoire naturelle de Lugano par **Rudolf Stockar** m'a permis de mieux comprendre le rôle des cantons dans les choix de mise en valeur des géopatrimoines. Merci à tous les services géologiques cantonaux qui ont toujours répondu favorablement à mes sollicitations en me faisant parvenir une documentation importante concernant l'état des inventaires officiels et les politiques de mise en valeur entreprises.

Deux séjours en Autriche m'ont permis de découvrir les richesses géotouristiques de ce pays alpin aux paysages grandioses. Merci à **Hans Peter Schönlaub**, ex directeur du service géologique national, infatigable randonneur au marteau duquel, pas un cm^2 du massif des Alpes carniques n'a dû échapper, pour la découverte de ces montagnes où l'histoire et la géologie sont si intimement mêlées. Merci à **Heinz A. Kollmann**, paléontologue au Muséum national d'Histoire naturelle de Vienne pour m'avoir entre autre fait vivre ma première excursion géologique en raft. Enfin, merci à **Thomas Hoffmann**, géologue, pour son aide précieuse lors de mes recherches qui m'a permis d'accéder efficacement à une information pertinente.

Deux personnes m'ont beaucoup aidé pour ce qui est des géopatrimoines slovènes : madame **Branka Hlad**, membre de l'association Progeo et coordonnatrice pour le ministère Slovène de l'environnement des actions en faveur du patrimoine géologique et **Uroš Herlec,** géologue à l'Université de Llubjana, fervent défenseur de toutes les formes de vulgarisation géologique.

Ayant malgré mes efforts toujours quelques difficultés avec l'allemand, je remercie tout particulièrement un certain nombre de collègues qui outre-rhin m'ont été d'une aide précieuse en orientant mes recherches : **Timo Kluttig**, géologue au géopark Terra Vita, **Ulrike Mattig**, géologue dans l'administration du land de Hesse et **Georg Loth**, géologue dans l'administration du land de Bavière qui m'ont permis de prendre la mesure de toutes les expériences conduites dans leur pays. Et surtout un grand merci à **Andreas Megerle**, géographe à l'Université de Karlsruhe, parfaitement bilingue et qui m'a beaucoup apporté tout au long de ces années de doctorat.

J'espère avoir le temps d'explorer d'avantage maintenant la diversité des formes de géotourisme développées par nos collègues italiens dont l'imagination et l'implication dans la mise en valeur de leurs patrimoines géologiques sous toutes ses formes frise le prosélytisme géologique ! Merci à **Andrea Tintori** pour m'avoir fait découvrir la grotte aux ours et les vicissitudes d'un chantier de fouille paléontologique chevauchant la frontière de deux états. Merci à l'équipe de Scopriminiera pour la gentillesse de leur accueil et la qualité du produit géotouristique qu'ils ont développé. Enfin, merci à **Mario Panizza** pour l'ensemble de la documentation qu'il m'a fait parvenir afin qu'aucun géosite des Alpes italiennes n'échappe à mes investigations…

Enfin, ce travail doit beaucoup à toutes les personnes travaillant dans des offices de tourisme, des sites géotouristiques, des communes… qui sans me connaître ont bien voulu répondre à mes questionnaires et mes sollicitations.

Je ne sais d'où me vient ce goût de toujours vouloir en savoir plus et surtout ensuite d'avoir envie de partager ces connaissances, l'hérédité et l'éducation doivent certainement y être pour quelque chose, je remercie donc mes parents pour tout ce qu'ils m'ont donné.

La plupart des excursions de terrain ont été conduites à trois, alors merci à Daniel qui heureusement partage la même passion que moi pour la géologie de terrain, et à Marion qui a remporté haut la main son diplôme de chasseur de Trilobites dans les Alpes carniques, a traversé sans anicroche la porte du vent dans les grottes de Hölloch, a marché sans peur dans les pas des dinosaures des Lavini di Marco, et vécu bien d'autres expériences géologiques. Je leur fais la promesse solennelle à tous les deux d'aller l'année prochaine au bord de la mer !

SOMMAIRE

Introduction générale 13

Première partie : La lente reconnaissance du patrimoine géologique
Introduction 19
Chapitre 1 : La construction des concepts de géodiversité et de géoconservation 23
Chapitre 2 : Evolution de la prise en compte du patrimoine géologique 27
Chapitre 3 : La reconnaissance du patrimoine géologique dans les différents pays de l'arc alpin. 44
Conclusion 88

Deuxième partie : Panorama de l'offre touristique dans l'arc alpin
Introduction 91
Chapitre 4 : Le géotourisme, à la découverte et au service du patrimoine géologique et de sa protection 95
Chapitre 5 : Du tourisme au géotourisme 122
Chapitre 6 : Inventaire de l'offre géotouristique au cœur de l'arc alpin 133
Chapitre 7 : Analyse comparée de l'offre géotouristique dans l'arc alpin 148
Conclusion 169

Troisième partie : Itinéraires géotouristiques à la découverte de l'histoire géologique des Alpes
Introduction 173
Chapitre 8 : Une histoire paléozoïque racontée par une mosaïque de sites 176
Chapitre 9 : Le Trias, une période charnière dans l'Histoire des Alpes 198
Chapitre 10 : Le Jurassique, ouverture de l'océan alpin 213
Chapitre 11 : Le Crétacé, début de la subduction océanique 225
Chapitre 12 : Le Cénozoïque et l'édification de la chaîne alpine 230
Chapitre 13 : Le quaternaire, ère de l'homme et des glaciers alpins 241
Chapitre 14 : Les nouvelles technologies au service de la mise en réseau de sites géotouristiques. 255
Conclusion 260

Conclusion générale 263

Bibliographie 269

Annexes

Annexe 1 : Inventaire de l'offre géotouristique dans les Alpes 283
Annexe 2 : Fréquentation des sites géotouristiques alpins à entrée payante 290
Annexe 3 : Liste des figures 295

Table des matières 299

Introduction générale

Aucune époque n'a été plus fertile en voyages géologiques que la nôtre, chaque jour voit s'étendre nos connaissances en géographie géognostique et, en comparant le mode actuel d'observation à ce qui avait lieu au commencement de ce siècle, on s'aperçoit que la géologie a subi une révolution semblable à celle de la civilisation.

Ami Boué

Guide du géologue-voyageur. Tome1. 1835

Introduction générale

L'Année Internationale de la Planète Terre (2007-2009) a eu notamment pour objectif d'assurer une meilleure diffusion des géosciences auprès de la société civile mais également de tenter de rapprocher les géoscientifiques du « grand public ».
Alors que les Sciences de la Vie ont progressivement, depuis les années 1960, et la découverte de l'ADN, conquis ce même grand public, il reste beaucoup à faire dans le domaine des Sciences de la Terre. Celles-ci, bien que suscitant un attrait certain se limitent trop souvent, pour le néophyte aux spectaculaires manifestations liées au volcanisme et aux séismes en raison des notions complexes que la compréhension de nombreux domaines des géosciences nécessite de maîtriser. Malgré l'importance de ces dernières pour nos sociétés, celles-ci sont encore loin d'avoir investi le quotidien des habitants de la planète. Et pourtant, les géosciences sont désormais partie intégrante de processus décisionnels depuis le niveau politique jusqu'à celui de l'individu. Ainsi, par exemple, chaque commune française soumise à des risques majeurs doit posséder un Plan de Prévention des Risques (PPR) ainsi qu'un Document d'Information Communal sur les Risques Majeurs (DICRIM) afin d'informer le citoyen, entre autre, du classement du territoire communal en différents types de zones à risques. Face à ces documents il n'est pas toujours facile pour un élu ou un citoyen d'expliquer ou de comprendre l'ensemble des raisonnements qui ont conduit à élaborer ces cartes.

La géologie est née sur le terrain, du besoin de connaître (i) ce qui composait notre planète, (ii) comment celle-ci avait évolué et (iii) pourquoi elle se déchaînait en des colères aussi brutales que dévastatrices. Les naturalistes voyageurs qui jetèrent les bases de cette nouvelle discipline avaient été précédés, et ce depuis longtemps, par des praticiens à l'origine de l'âge de la pierre, du fer ou du cuivre et plus tard du développement d'un art minier indispensable à l'approvisionnement de nos sociétés en ressources minérales et minières. Dans les années 1960, la géologie, quittant les terres émergées, a décrypté les derniers éléments clés du fonctionnement de la planète au fond des océans. Une décennie plus tard, les progrès de la géochimie, de la géophysique mais aussi de la géochronologie ont donné accès à des sources d'informations jusque là insoupçonnées. Puis, à la fin du XXe siècle, grâce aux avancées des techniques numériques, il est devenu possible de recréer virtuellement les paramètres du temps, de l'espace et des forces en présence par la modélisation informatique. Parallèlement, les géosciences devenaient indispensables à la société dans son ensemble pour la construction des infrastructures de transport : tunnels, ponts, canaux … ; l'approvisionnement en énergies : barrages, ressources pétrolières, ou minières… ; mais aussi en ressources minérales et en matière première : matériaux de construction, acier… la prévention des risques naturels...
Malgré cela, au fil du temps un fossé s'est creusé entre une science devenant de plus en plus complexe et hermétique et un public devenu progressivement indifférent, voire réfractaire.

Au cours du XXe siècle, les patrimoines dits « naturels » ont acquis leur légitimité dans la sphère patrimoniale. Ils sont devenus des enjeux importants de nos sociétés, au cœur d'arbitrages entre protection, aménagement et développement. Nouvellement apparu dans la sphère patrimoniale, le patrimoine géologique hérite de pratiques qui, la plupart du temps, ne lui sont pas initialement destinées. Des réseaux d'acteurs compétents ont dû se structurer afin de faire évoluer ces pratiques pour donner à ce patrimoine sa propre légitimité. Des démarches spécifiques de reconnaissance, de protection et de valorisation ont alors été entreprises. Les géopatrimoines, désormais admis comme des ressources territoriales, ont donné naissance au géotourisme. Cette niche touristique en pleine expansion propose une offre extrêmement

diversifiée, allant de la simple contemplation d'un paysage géologique pittoresque à l'assimilation de connaissances géologiques fraîchement découvertes.

Le développement du géotourisme a été choisi comme indicateur du degré d'appropriation des géopatrimoines par la société civile et donc de l'intérêt que celle-ci accorde à la géologie. Il nous permettra d'évaluer dans le même temps l'implication des scientifiques dans son développement et de mesurer ainsi la place désormais occupée par cette nouvelle discipline dans le champ des géosciences.

Le territoire étudié devait présenter une géodiversité significative tout en illustrant une histoire géologique cohérente. Une chaîne de montagne offre ces deux qualités. Ce territoire devait aussi permettre de croiser les résultats obtenus sur des sites similaires valorisés à des fins géotouristiques dans plusieurs pays afin de mettre en évidence si des différences culturelles apparaissaient et, le cas échéant, d'en rechercher l'origine. La chaîne des Alpes a donc été choisie puisqu'elle s'étend sur six pays et que sa géologie et sa géomorphologie sont tout à la fois souvent spectaculaires et diversifiées.

La **première partie** expose un bilan de la place des géopatrimoines au sein des patrimoines naturels. Pour commencer à différentes échelles territoriales : du niveau global, à l'échelle européenne puis à celle de l'arc alpin pour ensuite comparer la situation dans chacun des six pays.
La recherche documentaire sur laquelle s'appuie cette première partie a reconstitué pour chacun des pays l'histoire de la mise en place des institutions politiques en charge de la protection des patrimoines en général et des géopatrimoines, le cas échéant, ainsi que l'évolution législative qui l'a accompagnée. Dans ce but, l'ensemble des services géologiques nationaux et régionaux des six pays ont été contactés. Des entretiens menés avec des personnes « ressources » ont pu compléter l'approche bibliographique.
L'étape d'inventaire institutionnel du patrimoine géologique étant un élément incontournable des processus de patrimonialisation, l'état d'avancement de cet inventaire est présenté pour chacun des six pays.

La **seconde partie** cherche à corroborer sur le terrain l'approche politico-institutionnelle en vérifiant l'efficacité des dispositifs mis en place. Pour cela une typologie des sites géotouristiques a été établie et un inventaire exhaustif de l'offre réalisé dans chacun des six pays, tout au moins pour la partie de leur territoire inscrite dans la Convention Alpine. Trois sources d'informations ont été croisées : l'analyse de questionnaires d'enquêtes, la recherche sur internet de tous les sites géotouristiques commerciaux, enfin la visite de plus d'une centaine des sites retenus. L 'analyse des résultats permet de confirmer l'existence d'approches culturelles différenciées, mais aussi de dynamiques locales qui, loin d'être le seul résultat des politiques publiques, sont aussi le reflet de stratégies locales portées par des parties prenantes fortement impliquées. L'offre géotouristique, dont l'origine remonte au début du XIXe siècle, est aussi étudiée au regard de son évolution, et des publics auxquels elle est destinée.

La **troisième partie** propose des circuits géotouristiques qui permettent de reconstituer les différentes étapes de l'histoire anté-alpine et alpine des Alpes. Pour cela, une centaine de sites ont été sélectionnés pour la qualité de leur mise en tourisme et en particulier de la médiation scientifique réalisée dans chacun d'eux. Ils ont ensuite été mis en réseau dans une perspective chronologique. Ces itinéraires géotouristiques éclairent d'un regard particulier le déroulement des événements. En effet, certains sites mineurs dans l'histoire des Alpes y ont toute leur place bien qu'illustrant des phénomènes géologiques de portée locale, en raison de la qualité de leur mise en tourisme. D'autres au contraire, bien que parfaitement connus de générations d'étudiants en géologie n'y ont pas été inclus car ne faisant l'objet d'aucune mise en valeur géotouristique.

Afin de rendre ce travail accessible à tous un site Web a été développé (http://edytem.univ-savoie.fr/membres/cayla/geosite). Il présente sous la forme d'une base de données un réseau de 100 géosites qui peuvent être consultés via différents critères de sélection : géographique, géologique ou thématique. Des visites virtuelles y sont proposées afin de retracer étape par étape l'histoire géologique de la chaîne alpine. Plusieurs niveaux de lecture sont donc proposés afin de contribuer à la diffusion des meilleures pratiques des six pays dans le but de faire connaître le patrimoine géologique alpin auprès du plus grand nombre.

Première partie

La lente reconnaissance du patrimoine géologique

Introduction

La Terre a accumulé, au cours des 4,6 milliards d'années de son histoire, les traces que chaque événement géologique y a imprimé de façon plus ou moins profonde et plus ou moins facile à interpréter. A l'échelle de la roche, du minéral ou du fossile, du volcan, de la montagne ou du bassin versant, dans l'instantanéité du tremblement de terre ou la lente érosion du relief, de nombreux objets géologiques témoignent, à qui sait les lire, des innombrables rebondissements de cette longue histoire.
Ces traces du passé, mémoire de la terre, prennent un intérêt pour l'homme et ses différentes civilisations par les valeurs que l'histoire, la culture ou le niveau techno-scientifique des sociétés, à une étape de leur évolution, reconnaissent (Reynard, 2004). Cette reconnaissance pouvant, d'ailleurs, évoluer dans le temps.

Ces valeurs s'appuient sur un potentiel ou un intérêt :

- **économique** : du pouvoir tranchant du silex aux complexes manipulations de transformation de la bauxite pour en extraire l'aluminium ;
- **scientifique** : importance du rôle de certains sites géologiques dans l'histoire de cette discipline (Cascade d'Arpenaz – Hte-Savoie, l'un des premiers plis décrits par Horace-Bénédict de Saussure (1740-1799) ;
- **historique et culturelle** : importance dans l'histoire d'une région de l'exploitation d'une ressource minérale façonnant la vie des hommes, l'histoire locale, les paysages (Eisenhertz – Autriche). Mais aussi foisonnement de l'imagination populaire autour de certains objets géologiques (Pénitents de Mées…) (Panizza, Piacente, 2005) ;
- **esthétique** : reconnaissance transculturelle de la beauté de certains paysages (Mer de glace-Hte-Savoie, Pyramide du Cervin-Valais) (Marthaler, 2004).

La reconnaissance de telles valeurs est une étape indispensable dans le processus de patrimonialisation des objets géologiques (Figure 1.1) (Reynard, 2005).

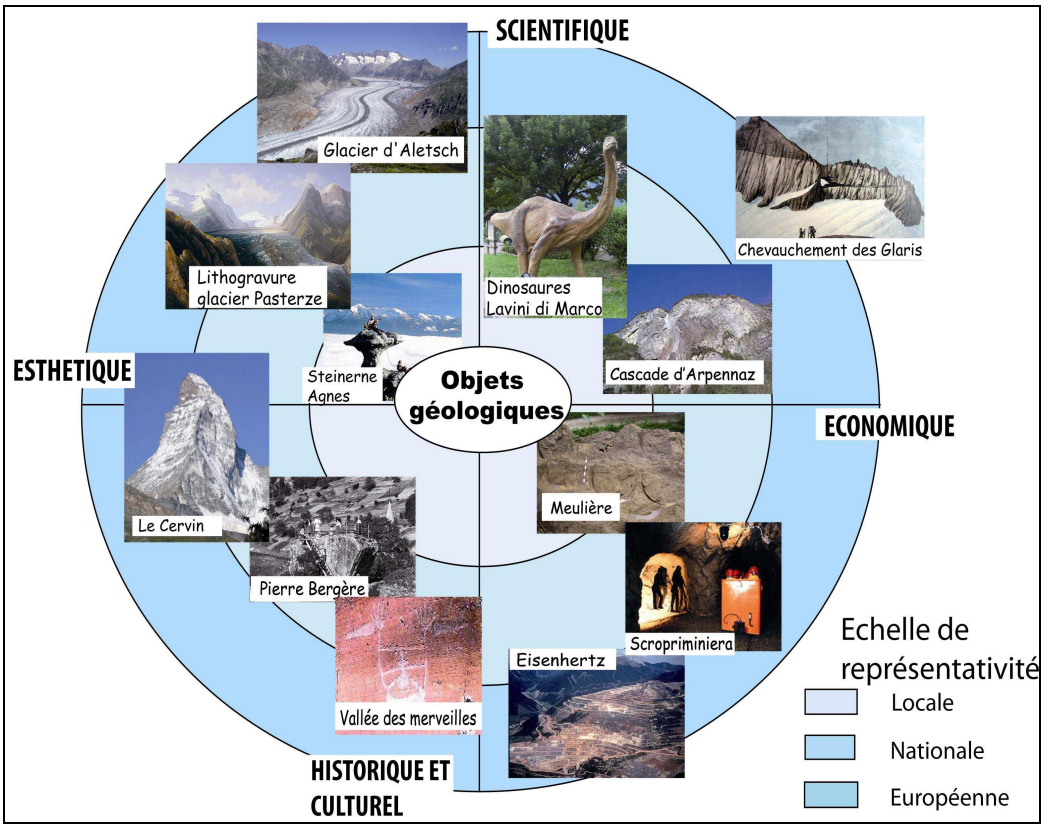


Figure 1.1 : Valeurs accordées aux objets géologiques (d'après Reynard, 2005).

Les blocs erratiques : de la ressource naturelle à la ressource patrimoniale

Reconnaître les valeurs d'un objet géologique ne va pas de soi. Certaines d'entre elles peuvent même parfois générer des conflits d'intérêt comme en témoigne l'histoire de la reconnaissance des blocs erratiques en tant que témoins de l'extension des glaciers dans un premier temps puis, suite à un changement de statut, en tant que patrimoine géologique.

Lors de ses voyages dans les Alpes, H.B. De Saussure voyait déjà avec un vif regret « détruire ces précieux monuments de la grande révolution à laquelle la surface de notre globe doit son état actuel » (De Saussure, 1779). Dans son esprit c'était une gigantesque débâcle qui avait entraîné les blocs dans des flots tumultueux. Ceux-ci gênaient désormais le travail des champs et étaient détruits à la poudre et au feu. Plus tard, au début du XIXe siècle, les tailleurs de pierre piémontais apportèrent leur technique de débitage au coin de bois, et les blocs purent être utilisés à la fabrication de bassins ou de pierres à bâtir. Dans le même temps, les observations de Jean-Pierre Perraudin dans le Val de Bagnes influençant les travaux de Jean de Charpentier, alors directeur des salines de Bex, participèrent à la naissance de la théorie de la glaciation popularisée par les travaux d'Ignaz Venetz. Les blocs prirent une inestimable valeur géoscientifique, chacun d'eux témoignant de l'extension passée des glaciers. Alors, afin d'assurer leur préservation, le 18 janvier 1853, le Grand Conseil du canton du Valais céda au titre de don national à Jean de Charpentier 2 blocs situés sur la commune de Monthey, la pierre à Dzo (Figure 1.2.) et la Pierre à Muguet. Mais les destructions se poursuivant ailleurs, un « Appel aux Suisses pour les engager à conserver les blocs erratiques » fut lancé le 9 septembre 1867, et une Commission des blocs erratiques créée le 22 janvier suivant au sein de la Société Vaudoise d'Histoire Naturelle.

Des blocs furent acquis en partie grâce à des souscriptions publiques pour les soustraire à l'exploitation destructrice comme la Pierre des Marmettes en 1908. Ce combat mené à l'origine pour la sauvegarde des blocs erratiques, participa à la création de la Commission pour la protection des Monuments naturels au sein de la Société Helvétique de Sciences Naturelles en 1906 (Aubert, 1989).

Figure 1.2. : Pierre à Dzo (illustration issue de J. de Charpentier, 1841)

En gagnant une valeur scientifique, les blocs erratiques ont ainsi pu prendre une dimension patrimoniale conduisant à leur protection, malgré l'intérêt économique qu'ils représentaient encore. Une dernière étape est leur accession au statut de ressource patrimoniale, puisque désormais certains d'entre eux sont intégrés dans des circuits d'interprétation comme le « sentier des graniteurs » à Combloux.

Cette histoire témoigne de l'investissement « par en bas » de la scène patrimoniale, souvent en décalage net avec les politiques patrimoniales de l'Etat (Tornatore, 2001). Elle illustre le modèle de l'engagement associatif déjà bien présent dans ce XIXe siècle et qui connaîtra dans le dernier tiers du XXe siècle un regain considérable (Glévarec, 2002).

Deux événements ont contribué à la patrimonialisation des blocs erratiques : une avancée scientifique qui a donné à ces blocs un statut en tant que représentants de l'histoire passée de la planète, et la menace de leur destruction qui a conduit à mobiliser le monde associatif puis à décider les pouvoirs locaux à privilégier leur valeur culturelle à leur valeur économique (Figure 1.3). Il est d'ailleurs intéressant de noter qu'aujourd'hui ces mêmes blocs qui ne témoignent plus que d'une histoire climatique localisée ont vu leur intérêt diminuer alors que le changement climatique s'appréhende désormais au niveau global. Ce qui illustre que le

patrimoine en tant que culture partagée de valeurs matérielles et immatérielles n'est pas pérenne (Gauchon, 2002).

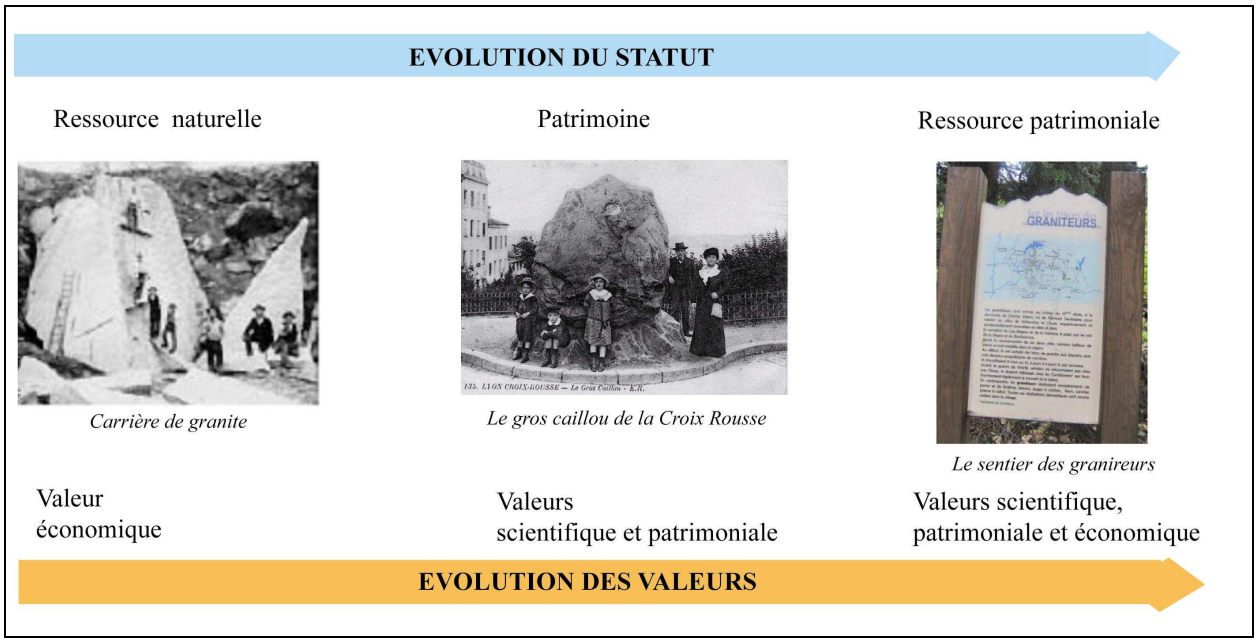


Figure 1.3 : Evolution du statut et des valeurs associées aux blocs erratiques.

Evolution du concept de patrimonialisation

La reconnaissance de nouvelles valeurs suppose un sens qui rectifie le sens commun, tel que proposé par Oppenheim et Bachelard. Il certifie ainsi une rationalisation et une « conscientisation » du jugement selon Clivaz (2004). Ce processus de reconnaissance passe par l'évaluation, procédure institutionnelle, la plupart du temps instaurée par les états dont les champs d'action patrimoniale ont depuis une trentaine d'années largement investi les domaines de la nature et de l'environnement après ceux de la culture et de l'architecture (Jeudy, 2001). Ces inventaires évaluatifs, première étape vers le processus de patrimonialisation, sont souvent conduits avec une volonté normalisatrice. Les listes obtenues permettent le classement des objets ou des sites selon certains critères qui doivent aider le décideur quant à leur prise en charge institutionnelle. Cette reconnaissance marque l'entrée en action du législateur qui, considérant cet héritage comme un bien commun, mettra en place l'arsenal juridique apte à en assurer la protection, la conservation et ainsi sa transmission aux générations futures (Figure 1.4).

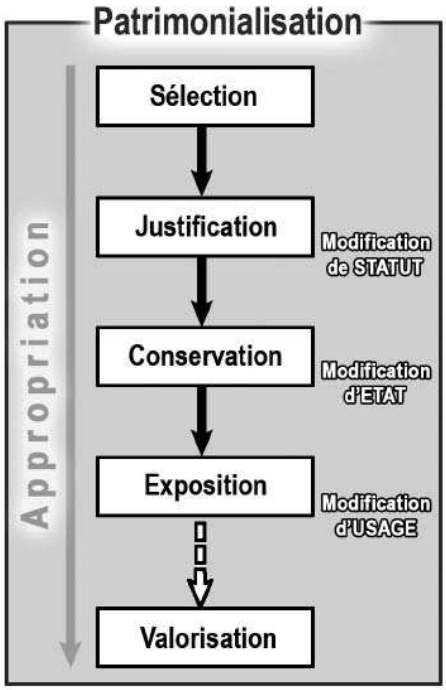


Figure 1.4 : Les étapes de la patrimonialisation (François, 2006)

L'évolution du statut des blocs erratiques précédemment évoqué illustre les premières tentatives de reconnaissance du patrimoine géologique. Il faudra ensuite attendre plus d'un siècle pour que celui-ci trouve sa place au cœur des « patrimoines naturels ». Cette récente conquête de légitimité répond à une demande sociétale qui vient soutenir l'action des acteurs locaux chargés de la mise en valeur du patrimoine qu'ils ont volontairement ou nécessairement contribué à préserver (Duval, 2007). En effet, un certain nombre de démarches qui vont être

présentées illustrent la mise en application de décisions institutionnelles relayées localement par des acteurs mandatés, illustrant dans ce cas des processus hiérarchisés de type « top-down ». Dans bien des cas, au contraire, les processus de patrimonialisation seront la conséquence de la mobilisation d'acteurs, sans relation directe avec l'importance de l'objet géologique mais dont l'activisme construira un processus « bottom-up » à l'origine bien souvent d'une valorisation de qualité, s'inscrivant dans la durée.

Cette première partie présente le contexte politico-social qui a permis de faire émerger le patrimoine géologique en tant que patrimoine spécifique. Au cours des derniers siècles, la notion de patrimoine a progressivement quitté la sphère privée pour gagner celle du public. Puis elle s'est éloignée d'une vision anthropocentrée vers une prise de conscience de la vulnérabilité des milieux naturels. Enfin après s'être tout d'abord tournés vers les êtres vivants qui occupaient ces milieux, les protecteurs de la nature ont fini par s'intéresser aux éléments géologiques tout aussi vulnérables.

Dans le même temps, la vague patrimoniale a aussi accompagné, mais en suivant un autre cheminement, le déclin industriel qu'à connu l'Europe de l'Ouest. De nombreux sites d'extraction destinés à l'oubli ont été investis comme autant de lieu de mémoire et la réaffectation de ces sites s'est tournée vers leur mise en tourisme assurant ainsi leur pérennisation en tant que ressource économique (De Roux, 2000).

L'exposé s'attache aux différentes échelles d'initiatives qui, du niveau global jusqu'à celui de l'arc alpin, ont marqué les principales étapes de la prise en compte institutionnelle du patrimoine géologique.

Puis il s'intéresse à chacun des pays de l'arc alpin, afin de comprendre comment le patrimoine géologique a acquis pour chacun d'eux sa légitimité juridique, son droit à la protection et quels acteurs ont été mobilisés dans cette phase de conscientisation.

Chapitre 1 : La construction des concepts de géodiversité et de géoconservation

La communauté des géologues, professionnels et amateurs, a été la première à attirer l'attention sur la nécessité de prendre en compte le patrimoine géologique, comme en témoigne le colloque qui s'est tenu à Digne les Bains en 1991. Les géomorphologues ont ensuite pleinement contribué à la mise en place des concepts clés sur lesquels s'appuient, de nos jours, les réflexions concernant ce patrimoine, son évaluation et sa protection. Ces notions qui s'inscrivent dans le domaine plus vaste de l'ingénierie de l'environnement s'inspirent largement des travaux développés précédemment par les sciences de l'environnement.

1.1 Géotopes et géosites

Dans les années 1990, la notion de géotope fait progressivement son apparition. Ce terme dérive bien sûr de celui de biotope, depuis longtemps répandu dans la communauté des naturalistes et principalement celle des écologues, mais aussi progressivement assimilé par les politiques ou les aménageurs.
André Strasser, professeur de géosciences à l'Université de Fribourg, considère comme géotopes « *des portions de la géosphère délimitées dans l'espace et d'une importance géologique, géomorphologique ou géoécologique particulière. Ils sont des témoins importants de l'histoire de la Terre et donnent un aperçu sur l'évolution du paysage et du climat* » (Strasser, 1995). En 1996, le service géologique fédéral allemand reconnaît la définition suivante : « *Les géotopes sont des formations inanimées qui illustrent l'histoire de la planète en révélant différents aspects de l'évolution de la Terre ou de la vie. Cela inclut les affleurements de roches, les sols, les minéraux et les fossiles ainsi que les formations naturelles ou les paysages* » (Wuttke, 2001).
A ces premières définitions qui restreignaient la notion de géotopes à des sites naturels illustrant différents aspect des géosciences, Panizza et Piacente (2003) apportent un élargissement. Leur approche, plus culturelle, leur fait retenir la définition suivante : « *tout objet géologique présentant une certaine valeur, qu'elle soit scientifique, historico-culturelle, esthétique ou socio-économique* ». Un glissement sémantique s'est donc opéré au fil du temps entre des lieux, des portions de l'espace et des objets, qui peuvent être associés physiquement à ces lieux ou bien n'y être rattachés que par leur histoire (collection, peinture etc.).
Les géotopes se décomposent en autant d'objets géologiques qu'il y a de disciplines au sein des géosciences. Il existe donc des géotopes structuraux (Chevauchement des Glaris), paléontologiques (Traces de dinosaures des Lavini di Marco), stratigraphiques (Stratotype du Ladinien), minéralogiques (Fissure alpine de Gerstenneg), miniers (Mines d'argent de Schwaz), karstiques (Grotte de Chroranche). Mais aussi des géotopes qui appartiennent à l'imaginaire culturel de chaque civilisation : la brèche de Roland dans les Pyrénées, le château de Louis II de Bavière. Ces objets, ponctuels, tel un affleurement, ou bien d'une extension géographique plus importante, telle la ligne Insubrienne, peuvent illustrer des phénomènes géologiques de portée planétaire comme la limite K/T ou bien de portée plus locale comme l'extension maximale du glacier du Rhône.

Le travail des géomorphologues a, très tôt, contribué à faire progresser les différentes notions liées au patrimoine géomorphologique permettant de diffuser auprès des autres disciplines ces réflexions (Hobléa, 1999). En effet, les objets géomorphologiques occupent une place particulière dans la sphère patrimoniale. Souvent bien visibles dans le paysage, ils suscitent facilement la curiosité, et donc l'intérêt. La pyramide du Cervin est ainsi représentative de l'emboîtement des valeurs qui peuvent être associées à un paysage devenu au

fil du temps emblématique d'un pays, la Suisse. C'est ainsi que les unités morphologiques élémentaires ou les ensembles de formes de relief ont été considérées par Vincent Grandgirard en 1999 comme des géotopes géomorphologiquses, c'est-à-dire « *des objets géomorphologiques participant à la compréhension et à la reconstitution de l'histoire de la Terre*.» Puis, Panizza et Piacente ont élargi le concept lui conférant, là encore, une dimension culturelle. Ils définissent alors les géomorphosites comme « *des formes du relief ayant acquis une valeur scientifique, culturelle et historique, esthétique et/ou socio-économique, en raison de leur perception ou de leur exploitation par l'homme.* » (in Portal, 2008).

Plusieurs raisons expliquent le statut particulier des géotopes géomorphologiques : leur dimension esthétique, dynamique et l'emboîtement d'échelles que souvent ils illustrent (Reynard, 2009).

Cette première analyse sémantique s'est intéressée aux termes de géotopes et de géotopes géomorphologiques, On trouve également dans la littérature les termes de géosites et de géomorphosites Ces différents termes étant souvent employés comme des synonymes, les premiers par les pays germanophones et les seconds par les pays de langue anglaise (Malaki, 2006 ; Poirier, 2008). En France, c'est à une différence d'échelle que l'ont attribue l'usage des deux terminologies, les géotopes s'appliquant à des objets d'une superficie limitée et les géosites à des ensembles plus étendus (Jonin, 2008).

Devant ces divergences persistantes, il paraît nécessaire de parvenir à clarifier ces deux termes afin de mieux délimiter les domaines recouverts par chacun d'eux. Le travail qui suit s'intéressant avant tout aux objets géologiques mis en valeur à des fins touristiques, le terme **géotope** sera réservé aux objets ou sites clairement identifiés comme relevant du patrimoine géologique, mais qui ne font l'objet d'aucun aménagement malgré une reconnaissance établie voire une protection assurée. Celui de **géosite** désignera des géotopes qui font l'objet de démarches de valorisation, depuis la simple édition d'un document d'information par un office de tourisme ou une commune jusqu'à la pose d'un panneau d'interprétation accessible à tous, voire l'intégration du géotope dans un produit géotouristique plus élaboré. Afin de clarifier les limites retenues pour chacun de ces termes, nous leur associerons pour le reste de ce travail un emboîtement des fonctionnalités à partir de l'objet géologique (Tableau1.1).

Terme utilisé	Fonction
Objet géologique	Substrat, roche-mère, abri ou ressource pour des espèces vivantes…
Géotope	Objet géologique reconnu comme un patrimoine géologique pour ses valeurs scientifiques, esthétiques, économiques, historiques ou culturelles.
Géotope géomorphologique	Classe particulière de géotopes dont les valeurs scientifiques sont reconnues par les géomorphologues
Géosite	Géotope reconnu comme ressource patrimoniale, aménagé afin de développer des pratiques touristiques servant à en expliquer les valeurs au plus grand nombre.
Géomorphosite	Géotope géomorphologique reconnu comme ressource patrimoniale, aménagé afin de développer des pratiques touristiques servant à en expliquer les valeurs au plus grand nombre

Tableau 1.1 : Définition retenue des termes objet géologique, géotope et géosite

1.2 La géodiversité

La communauté scientifique des Sciences de la Terre commence à employer le terme de géodiversité dans les années 1990, par analogie, là encore, avec celui de biodiversité déjà

courant dans les milieux des Sciences de la Vie, mais aussi de la politique, du droit et de l'aménagement du territoire. Ce rapprochement mérite quelques explications, car si la biodiversité se décline aux différentes échelles de diversité génétique : intraspécifique, spécifique ou au sein des écosystèmes, la géodiversité devra donc prendre en compte les différentes échelles de la diversité géologique. L'échelle intra-spécifique pourra ainsi être illustrée par l'ensemble des minéraux caractérisant des gisements minéralogiques, à l'instar du polymorphisme caractérisant les différents individus d'une espèce. A l'échelle spécifique pourront se substituer les différentes catégories de géotopes : paléontologique, pétrographique, stratigraphique, minier… Enfin, une série de géotopes rendant compte d'un phénomène géologique complexe comme l'ensemble des géotopes, actifs ou hérités, présents au sein d'une vallée glaciaire interviendra à un niveau supérieur de compréhension correspondant à l'échelle de l'écosystème. Et puis à l'échelle de la planète et de son histoire, la géodiversité n'est-elle pas le support indispensable à l'épanouissement de la biodiversité, mais aussi parfois aux plus grandes crises biologiques ? Enfin, le terme biodiversité étant déjà bien assimilé par les politiciens, décideurs et planificateurs, autant tirer profit de cette appropriation (Gray, 2004).

Dans les actes de la conférence de Malvern (voir infra) en 1993, les termes de « géodiversité » et de « diversité géologique » sont utilisés conjointement. Progressivement, le premier va emporter l'adhésion de tous. Sharples en donne la définition suivante (2002) : « *Diversité naturelle des caractéristiques géologiques (roches, minéraux, fossiles), géomorphologiques (paysages et processus) et pédologiques. Cela inclut leurs assemblages, interrelations, propriétés, interprétations et systèmes.* »

Lars Erikstad, de l'Institut norvégien de recherche sur la nature, adopte une définition holistique du terme : « *la biodiversité est la diversité de la nature vivante, la géodiversité est celle de la nature inanimée. Bio et Géodiversité sont les deux composantes de la diversité observables dans la nature.* »

Ce tour d'horizon sommaire n'a pour objectif que de présenter quelques unes des définitions les plus couramment admises de ce terme. Dans un article récent, Sandra Piacente (2005) a réalisé une étude exhaustive des différentes façons dont les auteurs ont abordé la géodiversité. Ce champ d'investigation peut, en effet, être l'objet d'approches scientifiques, éducatives, sociales, culturelles, touristiques ou écologiques (Zwolinski, 2004).

Suivant le point de vue qui sera adopté, il est évident que l'inventaire des géotopes constitutifs de cette géodiversité conduira à des listes bien différentes. Un géologue recherchera ainsi, dans un inventaire, l'ensemble des géotopes illustrant un processus géologique. S'intéressant à la mise en place d'un pluton au cœur d'une ancienne chaîne de montagne, il lui faudra circonscrire l'enclave granitique mais aussi les auréoles métamorphiques qui lui sont associées. Un géomorphologue cherchant à comprendre le fonctionnement d'un massif karstique s'intéressera tout autant aux géotopes souterrains qu'à ceux liés à l'exokarst. Au contraire, un aménageur, dans une perspective par exemple de mise en valeur touristique, à l'échelle d'une commune ou bien des limites d'un parc naturel régional, inventoriera la géodiversité inscrite dans ces limites en englobant des géotopes d'origines différentes, témoins d'une histoire géologique parfois sans rapport mais qui constitueront les ressources patrimoniales, circonscrites à son territoire, qu'il pourra valoriser.

Des réticences persistent toutefois quant à l'usage de ce terme, comme l'a démontré Sandra Piacente (2005). La simplification nécessaire à la communication ne doit pas sombrer dans la banalisation. Un paysage de montagne n'est pas assimilable à un autre, du fait de son histoire géologique, et géomorphologique. Si certaines clés de compréhension peuvent être aisément assimilables, d'autres nécessitent des recherches poussées afin de conserver à chaque territoire la spécificité de sa géodiversité.

1.3 La géoconservation

Il est assez répandu de croire que les objets géologiques sont immuables et ne nécessitent donc pas de protection particulière. Mais les risques qui les menacent sont réels et augmentent avec la pression de l'occupation de l'espace par nos sociétés modernes.
De nombreuses atteintes sont imputables à des processus naturels qui conduisent à la disparition de certains sites mais qui, dans le même temps, permettent la mise à jour de nouvelles richesses géologiques. Ainsi, un éboulement naturel dans l'une des galeries d'accès de la Balme à Collomb utilisée par les ours des cavernes comme lieu d'hibernation a permis, il y a quelques centaines de milliers d'années, d'obstruer l'entrée de la grotte. Un gisement exceptionnel d'ours des cavernes a ainsi pu être préservé jusqu'à la découverte d'une autre voie de pénétration par des spéléologues en 1990. Au col de Chérel, dans le massif des Bauges, l'érosion a mis à jour un gisement d'ammonites pyriteuses que l'oxydation due au contact de l'air condamne désormais à la disparition. Les atteintes sont toutefois majoritairement d'origine anthropique : pillage de sites fossilifères comme celui du « mur des douaniers » dans les Ardennes, célèbre pour ses Trilobites (Cronier, 2008), ou l'exploitation de certains « fours » dans le Massif du Mont-Blanc pour laquelle l'usage de l'hélicoptère et de la dynamite sont bien loin d'une simple recherche de cristalliers amateurs.

Afin d'enrayer ces atteintes, la géoconservation pourra être définie comme : « *l'ensemble des actions à entreprendre afin de conserver et de valoriser les objets, processus, sites et spécimens géologiques et géomorphologiques* » (Bureck et Proser, 2008).
Ainsi, un pan de falaise qui présente un intérêt géologique en raison du stratotype qui a pu y être défini, pourra nécessiter un rafraîchissement régulier de l'affleurement afin que la succession des strates reste bien visible…. Mais pour ces auteurs, la géoconservation englobe également l'ensemble des mesures législatives de protection, les politiques d'inventaires, ainsi que toutes les initiatives prises aux différentes échelons territoriaux afin de mettre en valeur le patrimoine géologique.

1.4 Conclusion

Les concepts de géotopes, géosites, géodiversité et géoconservation ont progressivement pris leur place au sein des géosciences et au-delà de la sphère des spécialistes, au cœur des politiques d'aménagement et de développement des territoires. Les définitions propres à chacun de ces termes ne font pas encore consensus et les notions de géotopes et de géosites doivent être précisées. Il semble important de distinguer le géotope, objet géologique reconnu comme patrimoine géologique pour différentes valeurs qui lui sont attribuées, du géosite, géotope devenu pour tous ressource patrimoniale sur laquelle sont développées des pratiques de valorisation s'appuyant sur la création d'outils de médiation scientifique à des fins didactiques mais aussi des aménagements assurant la protection et la mise en valeur du site.

De l'échelle de l'affleurement à celle du paysage, les menaces qui pèsent sur les géotopes, qu'elles soient d'origine naturelle ou anthropique, nécessitent la mise en place de politiques et d'outils de géoconservation.
Encore faut-il que la géodiversité soit reconnue comme une valeur d'héritage par les sociétés. L'approche historique va nous permettre maintenant de comprendre comment les objets géologiques ont acquis, au fil du temps, un statut de patrimoine naturel à part entière.

Chapitre 2 : Evolution de la prise en compte du patrimoine géologique

Les conflits nés des menaces qui pesaient sur certains sites ou objets géologiques ont conduit, dans plusieurs pays d'Europe, aux premières mesures de protection de ce patrimoine. Ainsi, les blocs erratiques en Suisse, la source du Lison en France ou bien les carrières du Drachenfels en Allemagne ont été, entre la fin du XIXe siècle et le début du XXe, en échappant aux menaces qui pesaient sur eux, les premiers sites à faire l'objet de mesures de protection spécifiques.
Dans le même temps, l'essor des excursions géologiques, organisées par les sociétés savantes mais aussi par les enseignants, une fois la géologie de terrain incluse dans les programmes scolaires (Savaton, 1998), ont fait connaître certains sites géologiques particulièrement démonstratifs.
Il a fallu toutefois attendre la seconde moitié du XXe siècle pour que se structure réellement la reconnaissance institutionnelle de ce patrimoine géologique. Des initiatives internationales et européennes se sont alors conjuguées pour mettre en place une prise en compte intégrée des géopatrimoines afin d'assurer leur protection par une législation appropriée, sans leur être totalement dédiée. Parallèlement, le tourisme s'appuyant sur des objets géologiques s'est développé, des réseaux d'acteurs ont alors investi cette niche touristique et créé des outils spécifiques à cette forme de découverte des territoires.

2.1 A l'échelle Internationale

2.1.1 Le rôle de l'UNESCO

A l'échelle internationale, l'un des traités les plus importants en matière de protection du patrimoine est bien sûr la convention du patrimoine mondial, adoptée par l'UNESCO en 1972 et déjà ratifiée par 185 états au 1 décembre 2007. Bien qu'à l'origine seulement destinée au patrimoine culturel, son action fut rapidement étendue au patrimoine naturel. La convention permet de reconnaître des valeurs géologiques soit d'une manière directe soit d'une manière indirecte (Gingall et al, 2005).

Art 2 :
Aux fins de la présente Convention sont considérés comme "patrimoine naturel":
− les monuments naturels constitués par des formations physiques et biologiques ou par des groupes de telles formations qui ont une valeur universelle exceptionnelle du point de vue esthétique ou scientifique,
− les formations géologiques et physiographiques et les zones strictement délimitées constituant l'habitat d'espèces animale et végétale menacées, qui ont une valeur universelle exceptionnelle du point de vue de la science ou de la conservation,
− les sites naturels ou les zones naturelles strictement délimitées, qui ont une valeur universelle exceptionnelle du point de vue de la science, de la conservation ou de la beauté naturelle.

Depuis 2005 l'ensemble des critères a été séparé en deux groupes : six groupes qui relèvent de la culture et quatre de la nature (Figure 1.5.). Ces derniers sont :

> ***Critère VII*** *(anciennement III) : représenter des phénomènes naturels ou des aires d'une beauté naturelle et d'une importance esthétique exceptionnelles ;*
> ***Critère VIII*** *(anciennement I) : être des exemples éminemment représentatifs des grands stades de l'histoire de la Terre, y compris le témoignage de la vie, de processus géologiques en cours dans le développement des formes terrestres ou d'éléments géomorphologiques ou physiographiques ayant une grande signification ;*

Critère IX *(anciennement II) être des exemples éminemment représentatifs de processus écologiques et biologiques en cours dans l'évolution et le développement des écosystèmes et communautés de plantes et d'animaux terrestres, aquatiques, côtiers et marins ;*
Critère X *(anciennement IV) contenir les habitats naturels les plus représentatifs et les plus importants pour la conservation in situ de la diversité biologique, y compris ceux où survivent des espèces menacées ayant une valeur universelle exceptionnelle du point de vue de la science ou de la conservation.*

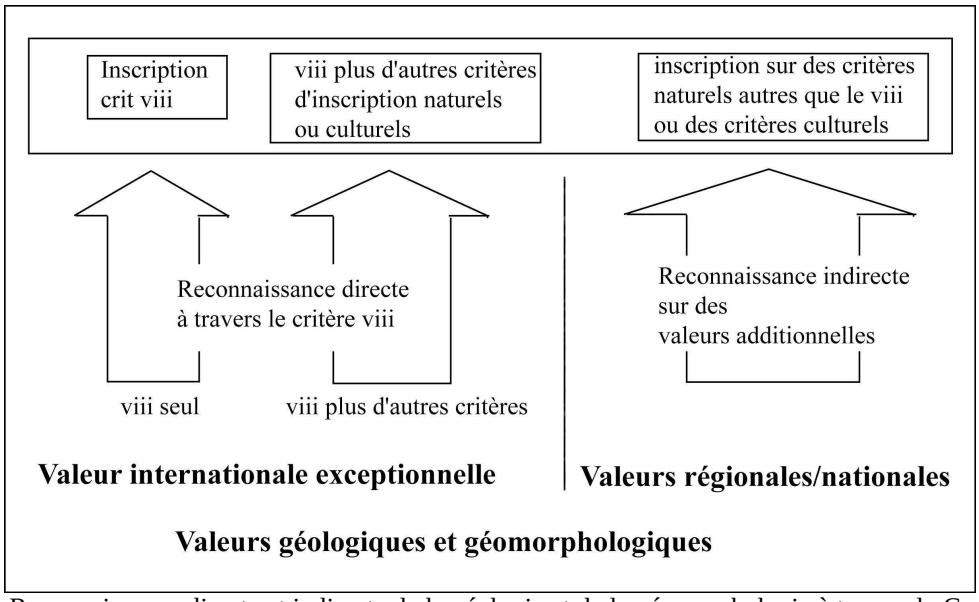


Figure 1.5 : Reconnaissance directe et indirecte de la géologie et de la géomorphologie à travers la Convention du Patrimoine Mondial (d'après Dingall, 2005).

Les missions de l'UNESCO sont claires : protéger ces sites contre les atteintes du temps ou de l'activité des sociétés humaines, les valoriser en y développant un tourisme de qualité afin de répondre à une demande croissante puisque l'économie touristique est appelée à jouer un rôle majeur au XXIe siècle. Mais les moyens sont limités, le fonds du patrimoine mondial qui a été créé en même temps que la Convention est alimenté par des ressources provenant des états parties à la convention (1% de leur contribution au budget de l'UNESCO), des dons ou legs provenant d'autres états, soit en moyenne une valeur de 3 millions de dollars chaque année.
L'évaluation des sites en demande d'inscription est réalisée par le Conseil International des Monuments et des Sites (ICOMOS) pour les biens culturel et l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (IUCN) pour les biens naturels. L'IUCN ne possède pas en son sein une expertise reconnue en ce qui concerne le patrimoine géologique ; elle peut conseiller les états qui souhaitent faire une demande d'inscription mais ne joue pas de rôle incitatif afin de développer ces demandes concernant les objets géologiques.
En janvier 2009, la liste du patrimoine mondial contient 878 sites dont 679 biens culturels, 174 biens naturels et 25 biens mixtes naturels/culturels. Parmi ceux-ci 76 relèvent du patrimoine géologique.

Constatant la faible représentation des géopatrimoines et afin d'aider les états membres à formuler des demandes d'inscription relevant de critères géologiques, une étude thématique, commandée par l'UNESCO, a abouti à la proposition de 13 thèmes relatifs au patrimoine géologique et devant être soutenu dans les démarches de classement (Dingall P., 2005) :

1. *Caractéristiques tectoniques et structurales. Eléments de la dynamique de l'écorce terrestre à l'échelle mondiale, dont la dérive des continents et l'extension des fonds marins.*

2. *Volcans et caractéristiques volcaniques : principales zones et types d'origine volcanique et leur évolution.*
3. *Système montagneux : principales régions et chaînes de montagne du monde.*
4. *Sites stratigraphiques : couches rocheuses, en principe sédimentaires, qui offrent un témoignage des grands évènements de l'histoire de la terre.*
5. *Sites fossiles : témoignage de l'évolution de la vie sur la planète.*
6. *Systèmes et paysages fluviaux et lacustres : systèmes terrestres résultant d'une érosion fluviale à grande échelle et développement de systèmes de drainage, lacs, zones humides et deltas.*
7. *Grottes et karst : effets et formations terrestres hydrologiques souterraines, ainsi que l'expression de ses caractéristiques en surface.*
8. *Développement littoral : le rôle joué par l'eau sur les côtes maritimes et les berges formées à la suite de l'érosion et de dépôts à grande échelle.*
9. *Récifs, Atolls et îles volcaniques : caractéristiques géobiologiques et/ou volcaniques dans les régions océaniques ou subissant des influences océaniques.*
10. *Glaciers : le rôle de la glace à l'échelle de la planète dans la formation terrestre des régions alpines et polaires.*
11. *Périodes glaciaires : périodes glaciaires du précénozoïque et périodes glaciaires du quaternaire et du pléistocène. Modèles à l'échelle mondiale de l'expansion et de la récession des glaces continentales, isostasie, changements du niveau de la mer et développement biogéographiques associés.*
12. *Formations terrestres et paysages arides et semi-arides : caractéristiques reflétant le rôle dominant du vent et de l'action fluviale intermittente en tant qu'agents du développement de formations terrestres et d'évolution du paysage.*
13. *Caractéristiques liés aux impacts de météorites : principales formations terrestres et paysages associés et notamment des évènements biologiques liés aux impacts tels que les extinctions d'espèces.*

Il est regrettable que dans ces propositions il ne soit pas fait mention de sites dont l'importance pourrait être liée à l'histoire de la géologie en tant que champ disciplinaire. Ainsi, dans le rapport fait par l'UICN lors du classement du parc national de Teide sur l'île de Tenerife, en Espagne, il n'est aucunement fait mention de l'importance que joua l'éruption de 1798 à la naissance du relief majeur du parc : le strato-volcan du Teide-Pico Viejo qui est le point culminant d'Espagne (3 718 m). A l'époque, elle attira de l'Europe entière des géologues travaillant sur le volcanisme et contribua ainsi au développement de cette discipline (Boylan, 2008).

La répartition des 76 sites inscrits au patrimoine mondial au titre du critère VIII, est la suivante (Tableau 1.2) :

Thème	Nombre de sites
Tectonique	1
Volcanisme	9
Montagnes	11
Stratigraphie	1
Paléontologie	9
Fleuves, lacs et systèmes deltaïques	9
Grottes et karsts	13
Côtes	9
Récifs, barrières de corail et îles	6
Glaciers	5
Epoque glaciaire	1
Déserts	1
Météorites	1

Tableau 1.2 : Répartition par thème des sites du Patrimoine Mondial (*source :* whc.unesco.org).

Trois réunions ont été organisées entre 2000 et 2001 à Hallstatt, en Autriche, Turin, en Italie ainsi qu'au siège de l'UNESCO (WHC-2000/CONF.204/WEB.2), afin d'encourager les initiatives régionales au sein de l'arc alpin. Depuis, quatre nouveaux sites alpins ont été inscrits sur la liste du patrimoine mondial :

- **Jungfrau-Aletsch-Bietschorn** : le site a été classé en 2001, au titre du critère viii en raison de son témoignage de 400 millions d'années d'histoire de la Terre et de la présence de la plus importante zone glacée d'Europe ; du critère ix en raison de la grande diversité biologique que l'on y rencontre et du critère vii en raison du rôle important qu'a joué ce site dans la littérature, les arts, le tourisme. Une demande d'extension a été déposée en 2006 et désormais, le site recouvre 820 km^2 englobant 26 communes dont 57 % sont dans le canton du Valais et 43 % dans le canton de Berne.
- le **Monte San Giorgio** : situé à la frontière italienne, le site a été inscrit en 2003. Il s'étend sur 22,38 km^2. Le classement s'est fait sur la base du critère viii, en raison de la richesse paléontologique du site : plus de 10 000 fossiles du Trias moyen en ayant été extraits.
- Le **Haut lieu tectonique Suisse, Sardona** : le site a été proposé une première fois en 2004 (WHC-05/29.COM/8B). D'une superficie de 329,34 km², il s'étend sur les bassins versants qui forment la frontière entre les cantons de Saint-Gall, Glaris et des Grisons, et englobe plusieurs groupes montagneux dont sept sommets qui s'élèvent au-dessus de 3000 m. Il a été présenté au titre du critère viii, ce chevauchement spectaculaire mettant en contact le verrucano permien sur les flyschs éocènes. Dans un premier temps, le comité du patrimoine mondial a décidé de ne pas inscrire le site invoquant : "*Le chevauchement de Glaris est un exemple très bien exposé de chevauchement géologique. De telles caractéristiques sont cependant universellement présentes dans les chaînes de plissement et, en principe, la sélection d'un site basée sur la présence d'un chevauchement géologique est une base trop étroite pour l'identification de valeurs universelles exceptionnelles qui caractérisent un bien naturel du patrimoine mondial.* " (WHC-05/29.COM/INF.8B.2) Un nouveau dossier déposé en 2007, a été accepté lors de la 32e session du comité du patrimoine mondial.(WHC-08/32.COM/8B.14)
- Les **Dolomites** : la demande d'inscrire 13 sites des Dolomites représentant une superficie de 2320 km^2 au titre des critères vii, viii, ix et x a été déposée en 2006. Après plusieurs demandes de précisions de la part du comité de l'IUCN en charge de l'évaluation et la visite qui s'est déroulée en Septembre 2006, un avis négatif a été rendu en 2007. Cet avis précisait que le comité du patrimoine mondial décidait : "*de ne pas inscrire Les Dolomites, Italie, sur la Liste du patrimoine mondial, sur la base des critères (ix) et (x)* » et « *Différait l'examen de la proposition d'inscription des Dolomites, Italie**,** sur la Liste du patrimoine mondial, sur la base des critères (vii) et (viii) pour permettre à l'État partie d'envisager de soumettre une nouvelle proposition d'inscription plus recentrée et plus cohérente qui remplisse les conditions d'intégrité.*" (WHC-07/31.COM/INF.8B.2) Le dossier a finalement été déposé une nouvelle fois en 2009 ; le choix a été fait de reconsidérer la présentation du patrimoine naturel en mettant en avant les sites géomorphologiques exceptionnels de la région ; ce choix enleva alors l'adhésion du comité.

Ainsi, trois des quatre sites naturels des Alpes inscrits au titre du patrimoine mondial de l'UNESCO sous le critère VIII sont situés en Suisse (Figure 1.6).
Deux autres sites, bien qu'inscrits au titre du patrimoine culturel ont un lien direct avec le patrimoine géologique des Alpes :
le Paysage culturel de Hallstatt-Dachstein / Salzkammergut, en Autriche, inscrit en 1997 et dont l'intérêt culturel provient de la longue histoire entre l'homme et le sel dans cette région, ainsi que l'art rupestre du Valcamonica, en Italie, inscrit en 1979 et qui présente des inscriptions dont les plus anciennes datent de l'âge du Fer.

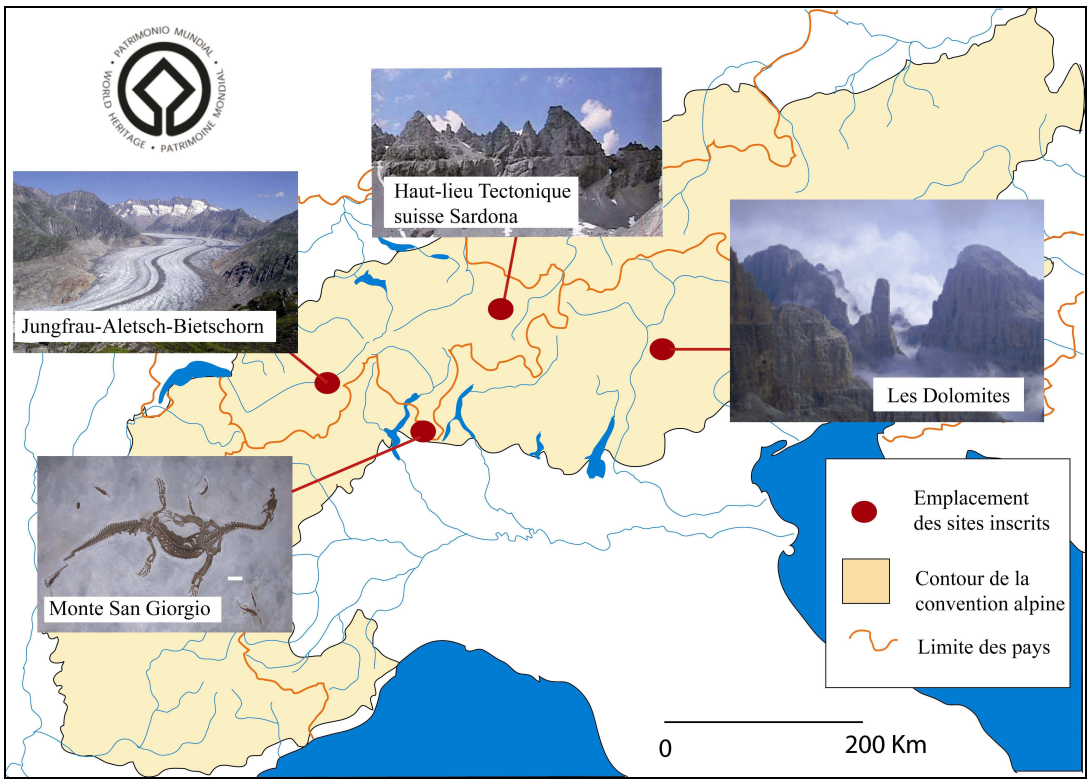


Figure 1.6 : Sites alpins inscrits au titre du critère viii du patrimoine mondial de l'UNESCO.

Les concrétions des grottes françaises, en tant que témoins exceptionnels du fonctionnement du karst et archives de paléoclimats, ont été proposées en 2006 à l'inscription. Le dossier regroupait 18 cavités dont les grottes de Choranche situées dans les Alpes. Le comité décida de ne pas inscrire ce site sur la liste du patrimoine mondial (31 COM 8B.14 p.9). Plusieurs raisons ont motivé cette décision. La bonne représentation du patrimoine karstique dans la liste du patrimoine mondial, la présence parmi les 18 cavités de grottes qui ne présentaient pas une représentativité à l'échelle mondiale et enfin la qualité de gestion jugée insuffisante pour certaines des cavités et donc incompatible avec la protection ou la transmission du bien dans la durée. Les concrétions, au cœur de ce dossier, n'ont pas été retenues comme une valeur universelle exceptionnelle par l'UICN. Parallèlement à ce dossier collectif proposé à l'UNESCO, la DIREN Rhône-Alpes a lancé, en 2006, la procédure de classement des grottes de Choranche au titre de la loi paysage de 1930 (Hobléa et al, 2008).

L'inscription au patrimoine mondial de l'UNESCO est un gage reconnu de représentativité, de qualité et d'intégrité des sites retenus. Cette liste déjà abondamment pourvue en ce qui concerne le patrimoine culturel s'ouvre progressivement aux biens naturels, les sites géologiques étant encore les moins représentés. Les efforts développés depuis quelques années afin de susciter des demandes d'inscription dans ce domaine ont été particulièrement efficaces en ce qui concerne la Suisse qui a, en quelques années, inscrit trois sites. Cette efficacité peut s'expliquer par la nécessité de montrer localement l'importance du patrimoine en question et la nécessité de le protéger contre l'expansion urbaine (Monte San Giorgio), de le valoriser dans le cadre de la diversification de l'offre touristique (Haut lieu tectonique Suisse, Sardona), de le distinguer d'autres sites « similaires » dans les Alpes (Jungfrau-Aletsch-Bietschorn).

2.1.2 La mise en place du réseau mondial des géoparcs

Un premier projet dénommé GILGES (Global Indicative List of GEological Sites) est lancé par l'IUGS (International Union of Geological Sciences) et l'UNESCO afin d'inventorier des

géosites à l'échelle de la planète (Burlando, 2006). La principale difficulté du projet est d'établir à ce niveau supra-national une liste représentative de la géodiversité. Il est suivi en 1996, lors du comité du patrimoine mondial de l'UNESCO qui se tenait à Merida au Mexique, par un second programme GEOSITES piloté par le groupe de travail sur les géosites globaux (GGWG – Global Geosites Working Group). Les critères de sélection laissés aux groupes nationaux en charge du projet doivent assurer une représentativité tant chronologique que typologique des géotopes retenus (Wimbledon, 1996). Au niveau européen, l'association ProGeo travaillera à l'établissement d'une liste illustrant les géosites associés aux différentes orogenèses du continent (Wimbledon, 1999).

A sa 29e session, en 1997, la conférence générale de l'UNESCO, dans le cadre de son grand programme II fit pour la première fois une place au patrimoine géologique : « *Des initiatives seront prises également pour promouvoir un réseau mondial de géosites présentant des caractéristiques géologiques particulières*" (29C/5 par. 02036 p.58).

En effet, à ce moment, aucun programme de l'UNESCO n'incluait spécifiquement la prise en compte de ce patrimoine naturel. Or, de nombreux pays soutenaient cette évolution, une trentaine ayant déjà ouvert la voie en signant le 13 Juin 1991 à Digne les Bains (04) la « **déclaration des droits de la mémoire de la terre** ».

Le Programme International de Corrélation Géologique fut chargé durant les deux années suivantes d'élaborer une stratégie de mise en place de ce réseau de géosites mondiaux.

Au cours de sa 30e session, en 2000, la conférence générale proposa de : "*réaliser l'étude de faisabilité sur le développement d'un programme géoparcs de l'UNESCO afin de promouvoir la reconnaissance internationale des zones offrant des caractéristiques géologiques représentatives et d'encourager les initiatives nationales et internationales visant à la conservation du patrimoine terrestre* " (30C/5 par. 02211 p. 84) dans le but d'accroître le nombre des sites du patrimoine terrestre internationalement reconnus.

L'étude de faisabilité fut conduite par Tony Weighell, géologue du Joint Nature Conservation Comittee, et porta principalement sur l'évaluation de la nécessité pour l'UNESCO de lancer une nouvelle initiative visant à promouvoir la mise en place d'un réseau mondial de géoparcs, sur les liens que pourrait avoir cette initiative avec d'autres programmes mais également sur les conditions de faisabilité opérationnelle : critères de sélection, financement…

Le rapport final souligna trois objectifs fondamentaux à la protection et à la valorisation du patrimoine géologique :

- "*L'utilisation des sites géologiques pour l'éducation du grand public et l'enseignement des sciences géologiques et des questions environnementales*
- *L'utilisation potentielle de ces sites comme instruments du développement durable*
- *La conservation du patrimoine géologique pour les générations futures* "

Mais le choix de la structure institutionnelle qui devait porter ce projet ne fit pas l'unanimité. Le PIGC examina la proposition lors de la 28e session de son conseil scientifique mais la déclina au motif que la protection du patrimoine ne faisait pas partie de ses attributions et que la prise en charge de cette mission réduirait d'autant ses capacités financières à assurer ses missions primitives.

Le programme *Man And Biosphere* (MAB) fut alors proposé comme structure porteuse avec pour mission la création d'un « label d'excellence Géoparc ».

Cette proposition fut présentée en novembre 2000 par Wolfgang Eder, directeur de la division des sciences de la terre à la 160e session du comité MAB, qui, tout en approuvant la prise en compte de ce patrimoine au même titre que les autres patrimoines naturels, rejeta cette charge supplémentaire en invoquant le manque d'expertise géologique au sein du MAB et l'émiettement des moyens déjà limités pour le seul programme MAB.

Au cours de sa 31e session, en 2001, et face aux difficultés de mise en place opérationnelle du réseau mondial de géosites, il fut simplement fait allusion, toujours dans le programme II à

une “ *meilleure compréhension par le grand public du patrimoine géologique et du développement durable des paysages géologiques par la promotion des parcs géologiques et la mise en place de partenariats.* ” (31C/5 par. 02231 p. 92).

En avril 2001, un partenariat était signé entre la Division des Sciences de la Terre de l’UNESCO et le réseau européen des Géoparcs. L’UNESCO ne souhaitant pas poursuivre la mise en place d’un nouveau programme, elle souhaitait toutefois soutenir les initiatives régionales et nationales initiées par ce nouveau réseau.

Dans le programme en cours, il était proposé que “*des efforts seront faits pour lancer ou coordonner des activités consacrées à « l’enseignement et à la vulgarisation des sciences de la Terre » ; dans ce contexte des « géoparcs » nationaux dotés de musées des géosciences et d’histoire naturelle pourraient permettre d’informer des étudiants, des jeunes non scolarisés et des adultes afin de faire mieux comprendre au public la valeur des paysages géologiques et de l’inciter à mieux les respecter* ” (32C/5 p.117).

Le 13 Février 2004 lors d’une réunion d’experts internationaux a été créé le « Réseau mondial des Géoparcs soutenu par l’UNESCO » et établi la liste des 25 premiers membres : 17 se trouvant en Europe et 8 en Chine. La Chine accueillit ensuite la première conférence mondiale des géoparcs. En effet, les géoparcs tiennent une place importante dans l’offre touristique du pays puisque dès 1985 des géologues chinois ont conduit une réflexion à l’échelon national, et, deux années plus tard, le ministre de la géologie et des ressources minérales a approuvé une première circulaire concernant une étude de faisabilité de création d’un réseau de géoparcs chinois. En 2003, 44 sites ont ainsi été labellisés dans le pays (Xun et al, 2003). La conférence de Beijing en 2004 a réuni une cinquantaine d’experts. Les thèmes de travail portèrent sur : la signification scientifique d’un réseau mondial de géoparcs, les méthodes et techniques pour assurer la protection du patrimoine géologique, la protection et l’utilisation rationnelle du patrimoine géologique dans le réseau “Global Geoparks “, le rôle joué par les géoparcs dans le développement durable local ainsi que le statut et l’évolution du réseau des géoparcs.

Le 32e programme de l’UNESCO en a rendu compte ainsi : “ *Les capacités autochtones d’élaboration de stratégies de développement économique régional et local durable, ainsi que les capacités de protection du patrimoine géologique, ont été renforcées par la mise en place d’un Réseau de géoparcs nationaux qui compte aujourd’hui 33 membres dans neuf pays*” (33C/Inf 3 par.02131 p. 32).

Au cours de cette même année, le programme « Global géopark » de l’UNESCO s’est associé au programme des géoparcs européens au travers de « la déclaration de Madonie », qui stipule que tout géoparc européen (voir *infra*) souhaitant faire une demande d’intégration au réseau global doit le faire par l’intermédiaire du réseau européen et que désormais des experts du réseau européen seront associés à toute demande provenant des autres continents.

Une seconde réunion internationale s’est tenue à Belfast en 2006. Elle a accueilli 320 participants en provenance de 40 pays et a principalement réaffirmé la nécessité de développer le réseau afin qu’il devienne un outil de protection, et de valorisation du patrimoine géologique. Le label, qui n’apporte pas de soutien financier, est un gage de la qualité des processus de valorisation mis en œuvre au sein des territoires labellisés.

Le réseau européen a servi de test grandeur nature à l’échelle d’un continent, l’objectif de l’UNESCO étant de fédérer d’autres réseaux continentaux. Le réseau chinois fut le second à voir le jour, d’autres sont en création en Océanie, en Amérique du Sud et en Asie.

.

L'article premier du guide opérationnel de demande d'entrée dans le réseau des Géoparcs (Eder et Patzak, 2004) en donne la définition suivante :
"*Un géoparc recherchant la reconnaissance de L'UNESCO est un territoire aux limites bien définies qui a une superficie assez étendue pour contribuer au développement économique local. Il comprend un certain nombre d'héritages géologiques (à différentes échelles) ou une mosaïque d'entités géologiques d'importance scientifique particulière, pour leur rareté ou leur beauté représentative d'un lieu et de son histoire géologique. Il ne doit pas seulement avoir une signification géologique mais aussi écologique, archéologique, historique ou culturelle. L'importance géologique devra être reconnue par les autorités scientifiques du territoire compétentes en la matière.*"
La structure administrative qui gère le géoparc peut être une entité préexistante (réserve naturelle, parc régional…) ou bien avoir été créée pour cette mission. Souvent implantés dans des zones rurales où l'exode et les difficultés économiques sont importantes, la mise en place des géoparcs permet tant un renforcement de l'identité culturelle de la région qu'une amélioration des conditions de vie de la population locale. Le géoparc assure la protection et la conservation du patrimoine géologique en accord avec les lois du pays dans lequel il a été créé. C'est un outil pédagogique, il doit jouer un rôle moteur dans l'éducation à l'environnement et le maintien d'une recherche active.

La dernière réunion, qui s'est tenue en juin 2008 à Osnabrück, dans le Nord de l'Allemagne, au cœur du géoparc « Terra Vita », a permis de conforter l'existence de nouveaux réseaux en Asie mais aussi bientôt en Amérique du Sud et de confirmer ainsi le dynamisme de cet outil géotouristique. Les ateliers étaient principalement axés sur les outils d'interprétation au service des publics, la durabilité économique des géoparcs, la participation des population locales.
Il existe actuellement 57 géoparcs dans ce réseau répartis dans 18 pays (Martini et al, 2008).

2.1.3. L'Union Internationale des Sciences Géologiques et l'organisation de l'Année Internationale de la Terre

Les deux derniers congrès géologiques internationaux qui se sont tenus à Florence en 2004 et à Oslo en 2008 ont fait une place de plus en plus marquée au patrimoine géologique, au géotourisme et à l'éducation aux sciences géologiques. Ce nouvel intérêt de la communauté internationale des géologues s'est aussi manifesté par l'initiative qui a vu le jour en 2000 au sein de l'IUGS et à laquelle rapidement, l'UNESCO s'est associée. Le 22 décembre 2005, l'assemblée générale des Nations-unies a proclamé l'Année Internationale de la Planète Terre programmée pour une durée trisannuelle puisque s'étendant de 2007 à 2009.
Le lancement a eu lieu en février 2008 au siège de l'UNESCO à Paris.

Figure 1.7 : Logo Année Internationale de la Terre

Le logo (Figure 1.7) utilisé pour la communication de cette Année Internationale a été largement inspiré de celui développé par l'Allemagne dans sa communication autour des journées du patrimoine géologique. Les trois sphères emboîtées représentent la lithosphère, l'hydrosphère et la Biosphère, et enfin l'atmosphère.
L'année internationale devrait permettre de développer des programmes de recherche et d'action dans les dix thèmes qui ont été retenus par les 191 pays participants :

la Terre et la santé : construire un environnement sain
le climat : climats anciens, climats futurs
les eaux souterraines : pour un usage durable
l'océan : la Planète Bleue
les sols : l'épiderme de la Terre

la Terre profonde : de la croûte au noyau
les mégapoles : aller plus loin, construire autrement
les risques naturels : minimiser les risques, maximiser la prévention
les ressources : vers un usage durable
la Terre et la vie : origine de la biodiversité (Thème co-dirigé par l' Allemagne et la France)

Des financements importants ont pu être levés, 4 millions de dollars à l'échelle internationale et plus de 75 millions pour l'ensemble des comités nationaux.
L'un des projets phare est la création de One Geology, l'accessibilité aux données géologiques mondiales afin de réaliser des cartes au 1 : 1.000.000e de l'ensemble de la planète (http://www.onegeology.org).
Le patrimoine géologique a bénéficié au cours de ces trois années d'une attention accrue de la part des décideurs politiques et du grand public. Le comité français a axé ses messages sur la sensibilisation du grand public aux géosciences ainsi que sur le patrimoine géologique et le développement durable.
A l'échelle nationale, l'un des événements importants était une exposition dans les jardins du Muséum national d'Histoire naturelle à Paris : *Aux sources de la Terre* (Figure 1.8). Le long de l'une des allées du parc, l'histoire de la planète était reconstituée en respectant une échelle de 1 mètre pour 10 millions d'années.

Figure 1.8 : Affiche de l'exposition et façade de la grande galerie du Muséum national d'Histoire naturelle de Paris.

On aboutissait à l'extrémité du parc à une carte géologique de la France au 1/1.000.000e accrochée sur la façade de la grande galerie de l'évolution ainsi qu'à une reconstitution au sol de la France géologique à partir des 1080 cartes au 1/50.000e qui la composent. Dans toute la France, plus de 500 demandes de labellisation ont été déposées et 350 projets ont été réalisés. Afin de clore cette Année Internationale, des manifestations ont été organisées partout en France le dimanche 18 octobre 2009.

C'est dans le cadre de cette Année Internationale que le projet *Via Geoalpina* a vu le jour. Réunissant les 6 pays de l'arc alpin, il a pour objectif de développer autour du tracé de l'itinéraire de la *Via Alpina* qui propose depuis Monaco jusqu'à Trieste plus de 5.000 km d'itinéraires balisés, des tronçons permettant de sensibiliser les randonneurs aux géosciences. Deux pays sont particulièrement mobilisés, l'Italie, coordinatrice du projet par le biais de l'ISPRA (Institut Supérieur pour la Protection et la Recherche en Environnement) et qui a mis en place plusieurs parcours, principalement dans les Dolomites et les Alpes Ligures et la Suisse. Au sein de la confédération, l'Office Fédéral de topographie, Swiss topo, le Service géologique

national et l'Académie suisse des sciences naturelles ont uni leurs efforts afin de créer un itinéraire de 65 km segmenté en 10 étapes. Des documents papiers sont disponibles dans les refuges présents le long du parcours et le site Internet de Swiss topo héberge l'ensemble de ces documents en version numérique. La production de l'ensemble des six pays devrait permettre d'illustrer à l'échelle des Alpes l'histoire géologique générale de cette chaîne de montagne, mais également un certain nombre de particularités locales ou régionales qui permettront de répondre aux attentes d'un grand public curieux de comprendre certains aspects du paysage qu'il traverse comme à celles de randonneurs amateurs de géologie à la recherche d'informations plus approfondies. Dans ce projet, le discours des scientifiques est contraint par l'itinéraire de la *Via Alpina* mais bénéficiera ensuite de la renommée et de la fréquentation de ces parcours.

2.2 A l'échelle Européenne

2.2.1 Le travail du conseil de l'Europe

Cette instance regroupe 46 nations dont 27 de l'Union Européenne. En 1999, le gouvernement islandais a demandé au Secrétariat de la Convention de Berne d'étudier la possibilité d'y faire apparaître le patrimoine géologique en incluant dans le réseau Emeraude des SIG (Sites d'Intérêt Géologique) (Ottoson, 2003). L'Islande a alors conduit l'élaboration d'un rapport et d'un projet de recommandations au Comité permanent de la Convention de Berne. Ce dernier a été examiné lors de la réunion du Comité permanent de la Convention en 2001. Les difficultés liées à la prise en compte tardive d'une nouveau type de patrimoine naturel ont conduit le Conseil de l'Europe à se tourner plutôt vers la Convention européenne du paysage. Un groupe de travail a été créé, sous la présidence de Jon Gunnar Ottoson, directeur général de l'Institut islandais d'Histoire naturelle. Dépendant du comité pour les activités du Conseil de l'Europe en matière de diversité biologique et paysagère (CO-DBP), il s'est réuni pour la première fois à Strasbourg en 2002. Le groupe de travail proposa l'élaboration d'une recommandation sur « La conservation du patrimoine géologique et des zones d'intérêt spécial pour la géologie » que Tony Weighell fut chargé de rédiger. Lors de la seconde réunion du groupe de travail, la recommandation a été étudiée, discutée et corrigée afin d'être envoyée par le Secrétariat à la réunion du CO-DBP le 27 Janvier 2004.

Après des considérations générales sur l'importance du patrimoine géologique, le texte recommandait que les gouvernements des états membres :

"*Identifient sur leur territoire les zones d'intérêt géologique particulier, dont la préservation et la gestion peuvent contribuer à la protection et à l'enrichissement du patrimoine géologique national et européen ; tiennent compte, dans ce contexte, des organisations existantes et des programmes de conservation géologique actuellement mis en œuvre ;*

Définissent pour la protection et la gestion des zones d'intérêt géologique des stratégies et des lignes directrices nationales intégrant les principes d'établissement des inventaires, de la classification des sites, du développement des bases de données, de la surveillance de l'état des sites et de la gestion des touristes et visiteurs, afin d'assurer l'usage durable des zones d'intérêt géologique par une gestion appropriée.

Renforcent les instruments juridiques existants ou en élaborent de nouveaux, afin de protéger les zones d'intérêt spécial pour la géologie et les éléments meubles du patrimoine géologique, en utilisant toutes les ressources des conventions internationales existantes.

Soutiennent les programmes d'information et d'éducation pour promouvoir des actions dans le domaine de la conservation du patrimoine géologique

Renforcent la coopération avec les organisations internationales, les institutions scientifiques et les ONG dans le domaine de la conservation du patrimoine géologique.

Allouent davantage de crédits pour financer les initiatives proposées."

Le comité des ministres du conseil de l'Europe adopta lors de sa 883e session, le 5 mai 2004, la recommandation concernant la conservation du patrimoine géologique et des zones d'intérêt spécial pour la géologie.

D'autres mesures de protection mises en place par le Conseil de l'Europe peuvent contribuer à la protection des sites géologiques :

- La convention européenne du paysage dont l'ouverture à signature s'est faite le 20 octobre 2000 à Florence. Elle vise à encourager les autorités publiques à adopter aux niveaux local, régional, national et international des politiques et mesures de protections, de gestion et d'aménagement des paysages européens. Elle concerne tous les paysages, extraordinaires et ordinaires, qui déterminent la qualité du cadre de vie des populations. Elle est entrée en vigueur le 1 mars 2004 lorsque le seuil de sa ratification par 10 états a été atteint.
- Le diplôme européen des zones protégées destiné à protéger des sites d'intérêt européen qui peuvent ne relever que de la géologie : le site d'Ipolytarnoc (Hongrie), celui du paysage karstique de la réserve de Karlstejn en république Tchèque et enfin les sites volcaniques de Teide en Espagne font partie des lauréats.

2.2.2 L'association PROGEO

En 1969, un groupe de travail sur la géoconservation voit le jour au Pays-Bas avec pour objectif la réalisation d'un inventaire, à l'échelle nationale, de tous les sites géologiques utiles pour la science ou l'éducation. Les difficultés sont nombreuses à l'époque pour faire reconnaître l'importance de ce patrimoine. Il faut alors attendre 1986 pour qu'un rapprochement soit conduit en direction de collègues anglais sensibles à ce thème, puis 1988 pour que 5 nouveaux pays (Autriche, Danemark, Finlande, Irlande et Norvège) y adhèrent. L'association devient le Groupe de travail Européen sur la Conservation dans les Sciences de la Terre et nomme son premier président : George Black, pétrologue anglais.

Des colloques sont organisés afin de promouvoir la notion de patrimoine géologique et de créer des groupes nationaux qui vont aider à leur échelle à la protection de celui-ci. En 1989, un congrès se tient à Bregenz en Autriche, il marque l'entrée de la Suisse dans ce réseau, un autre est organisé à Lom en Norvège l'année suivante et voit l'arrivée de la France et de la Belgique.

Le réseau désormais bien structuré va prendre en 1993 le nom de « Association Européenne sur la conservation du Patrimoine Géologique - ProGeo ». Depuis, une trentaine de pays se sont associés et le réseau est subdivisé en 3 groupes de travail qui représentent l'Europe du Sud-Est, l'Europe centrale ainsi que le nord de l'Europe, tandis qu'une délégation existe en Angleterre.

Ses missions demeurent :

- la préparation d'une politique européenne coordonnée en matière de géoconservation
- le soutien et la participation à toute initiative dans le champ de la géoconservation
- la diffusion et la collecte d'informations relatives au patrimoine géologique
- la tenue régulière de réunions
- la promotion de ce patrimoine auprès du public et des politiques.

Cette association est un partenaire des travaux de l'UNESCO et de l'IUGS.

Les groupes de travail se réunissent régulièrement, assurant des échanges dynamiques au sein de ce réseau.

2.2.3 Le programme Géoparcs européens

Sous l'impulsion de Guy Martini, directeur de la réserve géologique de Haute-Provence, un réseau informel s'est créé, en 1991, à la suite du premier colloque international sur le géotourisme qui s'est tenu dans la réserve, accueillant 145 chercheurs de 30 pays et s'achevant

par la signature de la « déclaration des droits de la mémoire de la Terre ». Des groupes de travail se sont alors constitués sur des critères linguistiques, géographiques ou thématiques. Cinq ans plus tard, lors du 30e Congrès Géologique International qui s'est tenu à Beijing, Guy Martini et Nikolas Zouros ont évoqué l'idée de créer un réseau européen qui permettrait de protéger le patrimoine géologique dans une perspective de développement territorial durable (Jones, 2008).

Le réseau était en place pour répondre au premier appel à projet européen LEADER (Liens entre actions de Développement de l'Economie Rurale) financé par trois fonds structurels européens : le Fonds Européen de Développement Régional (FEDER), le Fonds Social Européen (FSE) et la section « orientation » du Fonds Européen d'Orientation et de Garantie Agricole (FEOGA) (Bryden, 2006). Quatre territoires sont devenus des groupements d'action locale (G.A.L.) afin d'établir une coopération transnationale sur le géotourisme : la réserve géologique de Haute-Provence, la Forêt pétrifiée de l'île de Lesvos en Grèce, le Géoparc de Vulkaneifel en Allemagne et le Maestrazgo-Teruel en Espagne (Mc Keever, Zouros 2005).
L'objectif du programme de coopération était de valoriser le patrimoine géologique des différents territoires, aussi bien en le faisant connaître qu'en se servant de lui comme support d'une activité économique pour le territoire. Ainsi, les G.A.L. projetaient le développement organisé de produits dérivés de façon à éviter la concurrence et pouvoir vendre tous les articles sur l'ensemble des G.A.L. du projet.
Les 20 000 écus financés par l'Europe servirent à organiser des visites de chacun des partenaires par l'ensemble des techniciens, à diversifier l'offre touristique des sites afin que le développement local ne soit pas uniquement porté par une entrée géologique.
Le réseau *European geoparks* fut créé en juin 2000 par les quatre territoires fondateurs. Dans le but d'élargir le réseau, des congrès annuels ont été tenus : à Molinos, Maestrazgo en Espagne en 2000, à Lesvos en Grèce en 2001, à Kamptal en Autriche en 2002, en Crète en 2003, en Sicile, au géoparc Madonie en 2004, à Lesvos à nouveau en 2005, en Ecosse, au Northwest Higlands Geopark , en 2007.
Dans un second temps, un nouveau volet du projet fut déposé dans le cadre du programme INTERREG III C région sud pour un financement d'un million d'euros. Le partenariat s'est agrandi ; outre les 4 géoparcs initiaux, se rajoutèrent : le Madonia natural park et le Rocca du Cerrere cultural park en Sicile, le Psiloritis natural park en Crète, le Parc naturel d'Eisenwurzen en Autriche, le Parc naturel de Terra Vita en Allemagne, le Marble Arch Caves et le Mont Cuilcagh d'Irlande du Nord. Ce sont donc 9 partenaires officiels : réserves naturelles, région, G.A.L. qui furent associés au projet.
En février 2004, les géoparcs du Marble Arch Cave, Copper Coast, Vulkaneifel et le Geological survey of Northern Ireland ont déposé un dossier INTERREG III B North West Europe pour un montant de 4 millions d'euros (Figure 1.9). En 2005, c'est un projet INTERREG III C qui permit d'animer la partie nord du réseau. Enfin un projet Leader + C associant 11 géoparcs a été accepté en 2006 sous l'appellation : *Geoparks : Ideal destination for alternative tourism and educational activities in rural areas in Europe*.

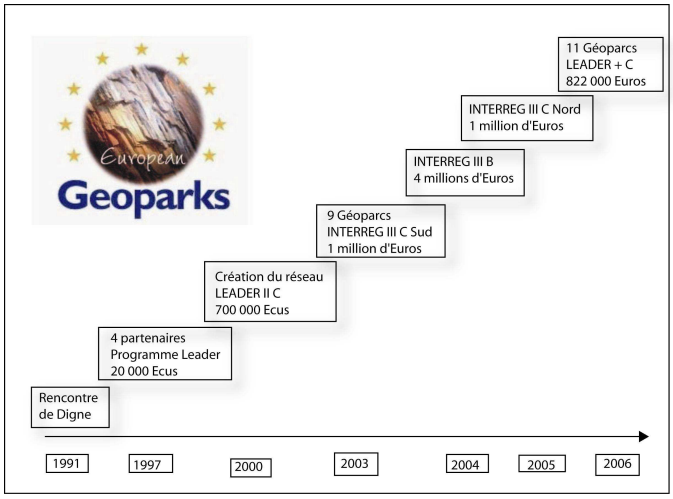


Figure 1.9 : Evolution du soutien du financement européen à la progression du réseau « European Geoparks ».

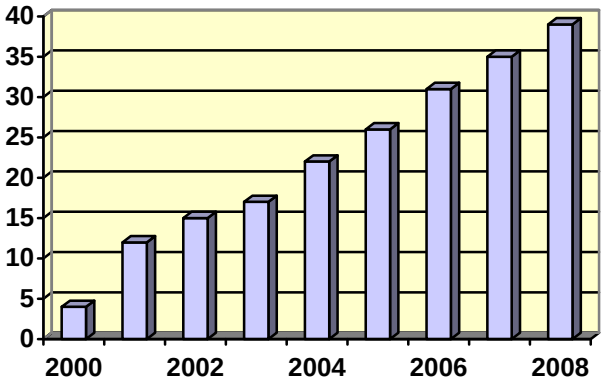


Figure 1.10 : Progression du Nombre de géoparcs en Europe.

Ce réseau, très actif, réunit trois fois par an un comité de coordination composé de deux représentants de chaque géoparc, l'un relevant de l'expertise géologique, l'autre de l'expertise management/développement. Les nouvelles candidatures y sont examinées et le retrait du label à certains géoparcs existant peut être décidé.
Le comité décisionnel comporte 7 personnes, l'IUGS et l'UNESCO y ayant leur représentation.

Le suivi annuel du nombre de nouveaux géoparcs labellisés aurait dû aboutir à un réseau de 39 partenaires en 2008 (Figure 1.10). Il n'est en fait que de 34 car quatre géoparcs ont perdu leur label : l'Astroblème de Rochechouart en France, le Moutain park en Irlande du Nord, le Cultur Kamptal en Autriche ainsi que Abberley et Malvern Hills Geopark en Grande-Bretagne. Le géopark Rocca di Cerrere, en Italie, a été une première fois labellisé en 2001 puis, après avoir perdu son label, a rejoint à nouveau le réseau en 2008.

Des réunions plus ouvertes ont également lieu chaque année afin d'élargir le réseau.
La charte sur laquelle repose le label stipule que chaque géopark est *"un territoire qui inclut un patrimoine géologique remarquable ainsi qu'une stratégie de développement territorial soutenable aidé par un programme européen de soutien au développement.*
Il doit avoir clairement défini des limites et une surface suffisante pour assurer un réel développement économique.
Un géopark européen doit comprendre un certain nombre de sites géologiques d'importance particulière en matière : d'intérêt scientifique, de rareté, d'esthétique ou de valeur éducative. La majorité des sites présents sur le territoire d'un Géopark Européen doit appartenir au patrimoine géologique mais leur intérêt peut aussi être archéologique, écologique, historique ou culturel."
(Article 1 de la charte du réseau).
En 2008, 34 géoparcs sont reconnus dans 13 pays européens (Figure 1.11).

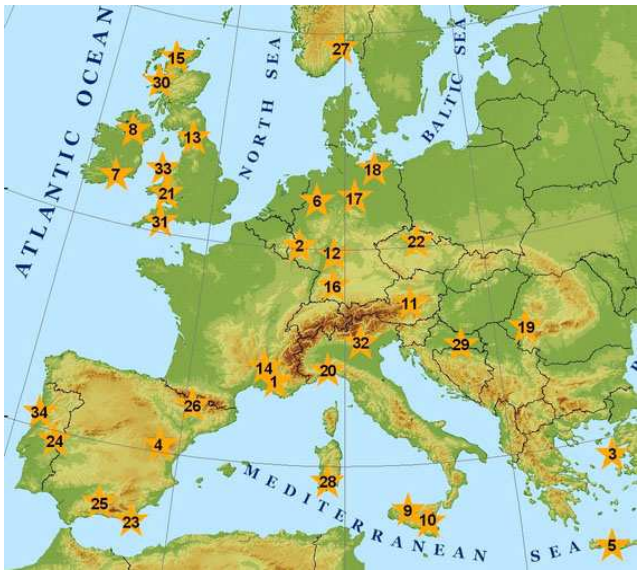


Figure 1.11 : Répartition des géoparks (source : Europeangeoparks.org).

Quatre d'entre eux sont situés dans les Alpes (Figure 1.12) :

- La **Réserve géologique de Haute-Provence** : créée en 1984, elle couvre un territoire de 2000 km^2 répartis sur les départements de Haute-Provence (86 %) et du Var (14 %) et englobant 55 communes. L'inventaire du patrimoine de la réserve géologique, réalisé en 2000 a comptabilisé 600 sites dont 51 relèvent d'un intérêt international et 18 sont classés par l'arrêté de création de la réserve (Barde, 2006). Les plus connus et qui ont fait l'objet d'une mise en valeur touristique sont : la dalle aux ammonites de Digne, l'Ichtyosaure de la Robine et les sirènes de Castellane. Les gestionnaires de la réserve ont été à l'origine du

programme du « European Geopark » et celle-ci a donc fait partie de la première série de sites a avoir obtenu le label en 2000 (Guiomar, 2009).

- Le **parc naturel Einsenwursen** : créé en 1996, c'est le plus grand d'Autriche. Il s'étend sur 586 km^2, englobant 7 communes de la région de Styrie. Il a intégré le réseau des géoparcs enropéen en 2002 et le réseau mondial en 2004. De nombreux outils de mise en valeur géotouristique ont pu être réalisés dans le cadre d'un programme « Geoline » développé grâce au projet LEADER + : *Geoparks : ideal destination for alternative tourism and educational activities in rural areas in Europe* d'un montant de financement de 1 939 000 €.
- Le **parc naturel régional de la Beigua**, en Ligurie : créé en 1995, il s'étend sur 871,5 km^2 dont 392,3 constituent le géoparc qui a été labellisé en 2005. Ses principales richesses géologiques reposent sur une zone ophiolitique importante ainsi que des sites géomorphologiques et paléontologiques d'âge tertiaire remarquables. Depuis quelques années, le parc réoriente son offre géotouristique vers sa côte en créant des itinéraires géomorphologiques côtiers qui permettent de découvrir sur terre et sous la mer le patrimoine géologique de cette partie du parc.
- Le **parc naturel Adamello-Brenta**, en Lombardie : son extension dépasse celle du parc naturel régional du même nom et couvre 1146,45 km^2. Il a reçu le label en 2008 principalement pour : le gisement fossilifère du Val Formiga représentatif de la limite Toarcien/Bathonien, le paléo éboulement de Sasso Rosso du Crétacé supérieur, ses formations dolomitiques et bien sûr son domaine glaciaire.

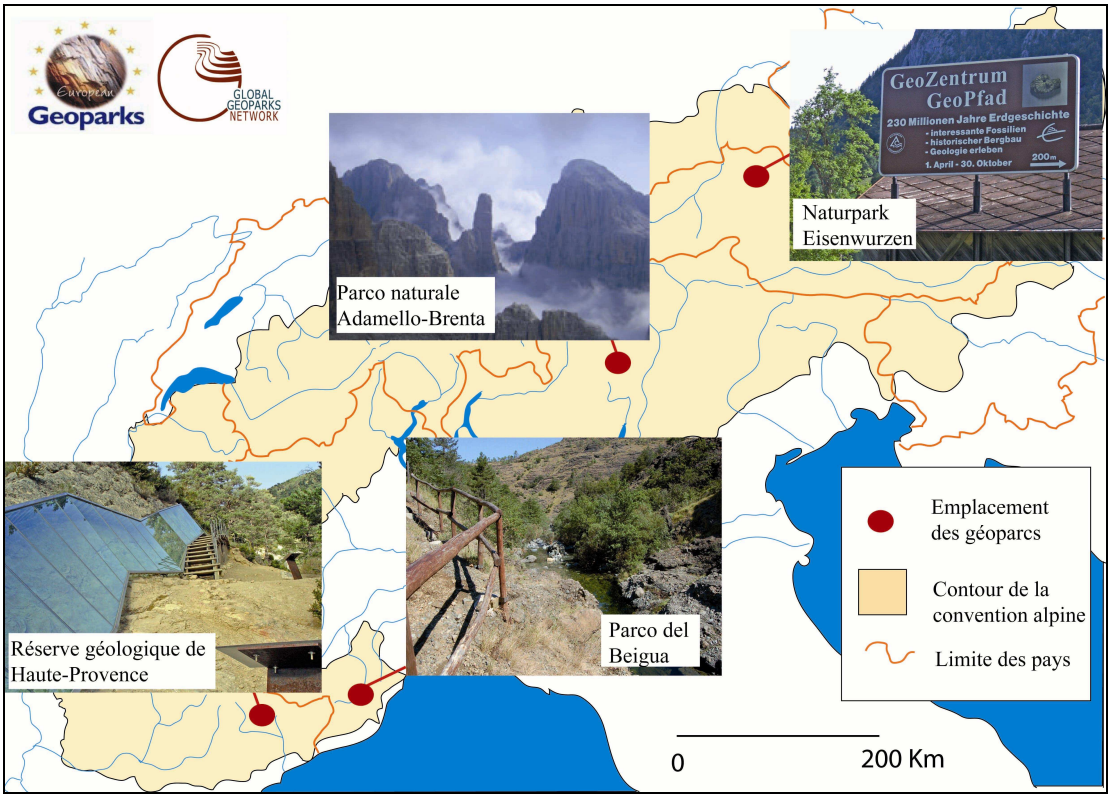


Figure 1.12 : Répartition des quatre géoparcs alpins.

Alors qu'il existe 34 géoparcs en Europe, seuls quatre ont vu le jour dans le massif alpin. Il est regrettable qu'au cœur d'une chaîne de montagne, où la géologie est un élément clé de compréhension de chacun des paysages, si peu de collectivités territoriales se soient encore lancées dans la démarche de labellisation. Le Chablais (Haute-Savoie, France) est à l'étude, le Syndicat Intercommunal d'Aménagement du Chablais (SIAC) a en effet choisi ce label afin de promouvoir une identité partagée à l'échelle des 62 communes qui le composent. Dans ces

Préalpes, où l'eau et la géologie sont intimement liées, ce label devrait permettre de tisser de nouveaux liens entre Haut-Chablais tourné vers la pratique du ski et Bas-Chablais tourné vers le Léman.

D'autres projets sont actuellement en réflexion dans le massif subalpin des Bauges, le parc naturel régional souhaite mettre en place une politique de différenciation de son offre touristique face à la concurrence des autres parcs naturels, comme celui du Vercors. Son patrimoine karstique exceptionnelle mais aussi les contraintes liées à la gestion de la ressource en eau dans le massif sont des thèmes qui seront mis en avant dans le dossier de candidature.

2.3 Les programmes à l' échelle de l'arc alpin

Les programmes INTERREG, comme les programmes LEADER, ont été mis en place par la communauté européenne afin de participer au développement de zones éligibles situées dans l'espace communautaire. Ils sont divisés en trois volets :
volet A : la coopération transfrontalière qui peut s'exercer même entre un pays de la CEE et un autre pays (la Suisse dans notre étude).
volet B : la coopération transnationale qui réunit des pays aux intérêts communs, comme l'arc alpin.
volet C : la coopération interrégionale qui réunit des régions discontinues ayant un projet commun.
Les volets A et B ont donné lieu à de nombreux projets réalisés au sein de l'arc alpin, le volet C a largement contribué, comme cela a été dit plus haut, au développement du réseau des géoparcs.

2.3.1 Le programme « Iron route » du programme INTERREG III B lié à l'espace alpin

Ce programme, dont le chef de file était la communauté de communes de « Valle Seriana e di Scalve », a associé 9 partenaires. Des acteurs politiques : la région Lombardie, la Région autonome du Val d'Aoste, et la région autonome du Frioul Vénétie Julienne ; des acteurs institutionnels : la communauté de communes du Val Trompia et la communauté de communes des vallées de Seriana et de Scalve ainsi que des acteurs du tourisme minier : le musée de la ville de Gorenjske et la mine de Mezica en Slovénie ainsi que les mines de Hüttenberg en Autriche. Ces acteurs autrichiens, italiens et slovènes avaient un passé minier commun et la nécessité de réorienter leur activité économique en raison de la fermeture de ces mines.
Le projet a eu pour objectif la revalorisation des anciens bassins miniers par la création de la Route alpine européenne des métaux. D'une durée de trois ans, de janvier 2005 à décembre 2007, le financement associé (1.756.240 €) a permis :

- la mise en place du réseau des Routes alpines des métaux
- la création d'un portail Internet (http://www.ironroute.org/site-it/index.asp)
- l'élaboration d'itinéraires touristiques, culturels et pédagogiques
- le renouvellement ou la création de musées et de centre de documentation
- la tenu de trois conférences internationales.

2.3.2 Les programmes INTERREG III A

Les pays alpins ayant une frontière commune ont déposé, dans le cadre du programme INTERREG IIIA, des projets transfrontaliers dont un certain nombre porte sur la protection ou la mise en valeur touristique du patrimoine géologique. Ainsi, dans le cadre du programme Alpes Latines Coopérations Transfrontalières (ALCOTRA), pour la période 2000-2006,

parmi les 229 projets financés, trois relèvent du thème de notre recherche (figurent en gras les structures porteuses du projet) :

N° du Projet	Titre	Partenaires	Financement
5	Itinéraires géologiques, naturels et sportifs transfrontaliers au col du Montgenèvre	**Commune de Clavière** Commune de Montgenèvre	1.033.635 €
120	A la découverte des plus beaux paysages géologiques des pays du Mont-Blanc	**Musée régional de Sciences naturelles de la Vallée d'Aoste** Château des Rubins à Sallanches	313.300 €
178	Valorisation touristique de mines abandonnées	**Commune de St-Marcel** Syndicat Intercommunal pour le développement des Hurtières	242.713,10 €

2.4 Conclusion

Au cours du XXe siècle, l'intérêt porté à la protection du patrimoine a grandi tout en se déplaçant du patrimoine culturel au patrimoine naturel. Très longtemps négligé, le patrimoine géologique a, parmi celui-ci, tardivement trouvé sa place à part entière, et pas seulement comme substrat d'espèces remarquables ou simple curiosité naturelle.

L'UNESCO a joué un rôle important dans cette évolution institutionnelle. En incluant dans ses critères de sélection le critère VIII spécifique au patrimoine géologique, elle a permis d'ajouter à la liste du patrimoine mondial 76 sites pour leur caractéristiques géologiques. Bien sûr, les stratégies mises en place à l'échelle des nations dans la perspective d'un classement UNESCO ne contribuent pas toujours à une reconnaissance objective de la richesse des différents patrimoines du pays. La même année, un seul dossier devant remonter aux instances décisionnelles internationales, des intérêts divergents peuvent opposer des candidatures de patrimoines naturels et culturels ou bien des candidatures s'intéressant à différents types de patrimoines naturels. De plus, si le classement assure une renommée mondiale au site, il ne s'accompagne pas de soutien financier et doit donc pouvoir être assumé par les autorités locales qui s'attendent dans ce cas à des retombées touristiques. Flux touristique qui doit s'accompagner de mesures de protection permettant d'assurer la pérennité du site classé. Enfin, les critères de classement n'assurent pas forcément une représentativité des différents patrimoines géologiques, un seul site illustrant par exemple la stratigraphie, alors que les sites relevant du thème des grottes et du karst sont au nombre de 13.

La création en 2000 du réseau « *European geopark* », devenu en 2004 un réseau mondial, soutenu là encore par l'UNESCO, a permis la diffusion à l'échelle des continents et des pays d'un label reconnaissant un patrimoine géologique sur lequel pouvait se développer une activité touristique. Ce réseau particulièrement actif regroupe désormais 38 membres dans toute l'Europe. Les réunions sur site réalisées deux fois par an assurent une diffusion des meilleures pratiques de protection, de valorisation, de médiation ou de mise en tourisme. La demande de labellisation, à l'initiative des territoires, la plupart du temps déjà organisés en espaces naturels protégés, nécessite un soutien actif de la part des autorités locales. Différentes stratégies peuvent être observées, les demandes peuvent provenir de pays particulièrement actifs dans la protection des patrimoines naturels et le développement de pratiques écotouristiques : l'Angleterre, l'Autriche ou l'Allemagne par exemple ; dans d'autres cas, ce peut être une recherche de différenciation des pratiques touristiques qui anime la demande, comme en Italie

ou en Espagne. Certains pays valorisent par ce biais le travail important conduit dans le développement du géotourisme, comme en Grèce ou au Portugal. Enfin, pour d'autres pays, c'est la recherche d'une labellisation reconnue à l'échelle européenne, comme en Roumanie ou en République Tchèque. En France, seuls deux territoires ont obtenu le label : la réserve géologique de Haute-Provence et le parc naturel régional du Lubéron. Il est regrettable que la méconnaissance du patrimoine géologique et des pratiques géotouristiques conduise à ce retard de représentativité de la France dans le réseau. En effet, le potentiel de notre pays est certain… mais quand le maillage du territoire européen par les géoparcs sera plus important, l'obtention du label ne sera plus un outil pertinent pour le développement géotouristique d'un territoire.

L'Année Internationale de la Terre qui s'est déroulée de 2007 à 2009 a contribué à montrer au plus grand nombre l'intérêt des géosciences dans l'ensemble des activités humaines. De nombreuses manifestations liées à la mise en valeur de patrimoines géologiques locaux ont mobilisé la communauté des géologues de plus en plus impliquée dans ces aspects de médiation qui renforcent les relations directes avec le grand public. A l'échelle de l'arc alpin, le projet Via Geoalpina réunissant les acteurs des géosciences des six pays a permis de développer des itinéraires d'initiation à la géologie sur le tracé de la Via Alpina. A l'occasion de ce projet, l'implication des différents pays n'a pas été homogène, et il faut noter là encore l'implication particulièrement active de certains d'entre eux comme l'Italie ou la Suisse.

Enfin, soutenus par la communauté européenne, des projets LEADER et INTERREG ont stimulé la recherche, soutenu la constitution de réseaux d'acteurs et permis de réaliser des projets de terrain qui, depuis une dizaine d'années, participent au développement des économies locales au travers par exemple de leurs atouts géotouristiques, de leur mémoire minière ou de la valorisation de leurs ressources paysagères.

Aux différents échelons territoriaux, des acteurs se sont emparés du patrimoine géologique, de sa protection et de sa valorisation, et les projets de développement local fondés sur celui-ci ont gagné une légitimité et une représentativité qui ne cessent de progresser. Toutefois, l'évolution de cette dynamique a été différente selon les pays, les sensibilités nationales, les réseaux d'acteurs. Le chapitre suivant propose de mieux comprendre ces différences, afin d'établir l'état d'avancement pour chacun des six pays de l'arc alpin de la reconnaissance du patrimoine géologique.

Chapitre 3 : La reconnaissance du patrimoine géologique dans les différents pays de l'arc alpin

La plupart des six pays de l'arc alpin[1], comme les autres pays européens, ne se sont intéressés que récemment à leur patrimoine géologique en tant que tel. Chacun d'eux a investi ce nouveau champ de la protection et de la valorisation environnementale, souvent en étendant à celui-ci la législation déjà en vigueur, parfois aussi en créant des procédures propres. L'analyse diachronique qui suit reconstitue les principales étapes de la prise en compte de l'environnement en général dans la législation de chacun des pays. Cette approche historique permettra de montrer comment le patrimoine géologique a pu être intégré dans ces démarches de protection. Pour cela, les exemples choisis seront pris dans ce champ patrimonial et si possible sur le territoire d'étude.

L'approche juridique est incontournable. En effet, l'arsenal législatif est l'outil principal par lequel les états affirment leur volonté de prendre en charge une cause qui relève de l'intérêt national, s'instituant ainsi seul garant de cet intérêt face aux intérêts locaux ou particuliers. L'analyse comparative adopte une approche historique et présente comment, dans les différents pays étudiés, s'est structuré un droit de la protection du patrimoine et de l'environnement aboutissant dans certains pays à des mesures spécifiques au patrimoine géologique.

Dans ce développement, nous reviendrons sur les démarches d'inventaires entreprises. Que celles-ci aient pu résulter d'une démarche officielle étatique ou bien être à l'initiative des parties prenantes concernées par ce patrimoine et sensibilisées aux menaces qui pèsent sur lui (Associations de géologues ou d'amateurs). Réaliser un inventaire nécessite la mise en place d'une grille de critères d'évaluations (Pemberton, 2006). En Europe, les travaux de Grandgirard (Grandgirard, 1999) et Reynard (Reynard, 2004) en Suisse, Coratza et Giusti (Coratza et Giusti, 2005) en Italie et Bruschi et Cendrero (Bruschi et Cendrero, 2005) en Espagne proposent différentes grilles de critères dont nous ne ferons pas l'analyse ici mais qui toutes choisissent de prendre en compte des caractéristiques intrinsèques de l'objet géologique : représentativité, extension du site, intégrité ainsi que les menaces qui pèsent sur lui, mais aussi des caractéristiques relevant de son potentiel de mise en valeur : accessibilité, conditions d'observation, dynamiques territoriales proches.

Ces inventaires s'accompagnent d'une évaluation induisant le potentiel classement des sites répertoriés. En effet, pouvoir hiérarchiser aux différents échelons territoriaux la représentativité du patrimoine, quel qu'il soit, peut être utile pour les décideurs politiques ou les aménageurs. Toutefois, ce type d'approche n'influence pas forcément la nature de la valorisation et de la mise en tourisme qui pourront être effectuées sur les sites, tant il est vrai que, comme le disait l'historien du patrimoine Pierre Nora : « *On est passé d'un patrimoine étatique et national à un patrimoine de type social et communautaire où se déchiffre une identité de groupe; et, donc, d'un* ***patrimoine hérité*** *à un* ***patrimoine revendiqué*** » (Nora, 1997). La suite de ce travail montrera que la mise en valeur des géotopes est un processus qui dépasse souvent leurs qualités intrinsèques d'origine.

[1] Allemagne, Autriche, France, Italie, Slovénie, Suisse.

3.1 L'Allemagne : un exemple reconnu

3.1.1 Histoire de la protection du patrimoine naturel

La première prise de conscience de la nécessité de protéger le patrimoine naturel contre les excès de l'exploitation humaine est liée à la menace de disparition d'un patrimoine géologique emblématique pour le pays. Au milieu du XIXe siècle, le Drachenfels (le rocher du dragon, 321 m) au sud de la ville de Bonn dans le Land de Rhénanie du Nord-Westphalie, est en effet menacé par l'extension des carrières qui en exploitent les flancs (Figure 1.13). Ce massif des sept collines (Siebengebirge), formé principalement de coulées basaltiques, de tufs volcaniques d'âge oligocène et d'intrusions de trachyte repose sur un socle dévonien plissé (Figure 1.14).

Figure 1.13 : Les carrières de Oberkassel en 1886 (Source : VVS- Verschönerungsverein für das Siebengebirge).

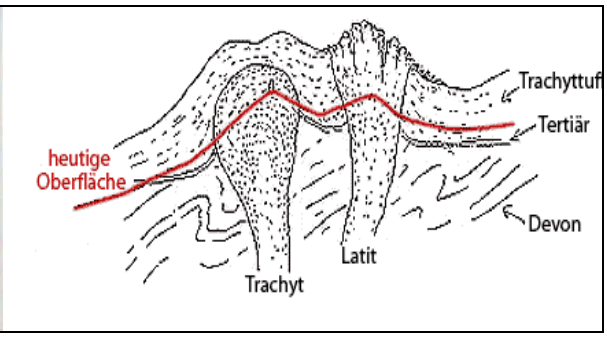


Figure 1.14 : Coupe géologique de Weilberg (source GeoBonn).

Des carrières de trachyte, une roche gris clair à phénocristaux de sanidine, ont été ouvertes sur les flancs du massif à l'époque romaine. Après une longue période d'abandon, l'exploitation a repris de 1248 à 1560 pour la construction de la cathédrale de Cologne dont les fondations qui reposent sur les alluvions du Rhin sont enfouies à plus de 17 mètres de profondeur. L'extension anarchique des carrières a ensuite menacé le château situé au sommet de la colline dont un pan de mur s'est effondré en 1827. L'état prussien a suspendu l'exploitation en 1828 puis a acheté quelque 4800 ha afin de maîtriser le développement de ce territoire. En 1868 l'association pour la protection des Siebengebirge (Verschönerungsverein für das Siebengebirge) a vu le jour, elle contribua activement à la création de la première réserve naturelle d'Allemagne le 7 juin 1922. Cette réserve est devenue parc naturel régional en 1956. Elle accueille aujourd'hui environ 750.000 touristes par an sur une surface de 420 km^{2} et certaines journées d'été plus de 35.000 visiteurs peuvent s'y presser.

Les premières lois en matière de protection des milieux naturels sont promulguées au début du XXe siècle et concernent les « monuments naturels » (Naturdenkmal), notion rendue populaire par Alexandre de Humboldt (1769-1859). Ainsi, Le grand duché de Hesse vote le 16 juillet 1902 une loi qui prévoit d'inventorier, en vue de leur protection, les monuments naturels tels que les rochers, rivières et arbres remarquables (Wiedenbein, 1991).
Cette mobilisation précoce en faveur de l'environnement peut s'expliquer en partie par les profondes mutations qu'a connues l'Allemagne à cette époque. Si en 1870, le pays comptait encore deux tiers de ruraux, en 1900, les proportions étaient inversées en raison de l'industrialisation ayant déclenché une urbanisation rapide et massive. Les menaces sur l'environnement étaient donc fortes dès l'aube du XXe siècle. Par comparaison, la France, ne connaîtra cette inversion rural/urbain qu'au lendemain de la seconde guerre mondiale, d'où une prise en compte plus tardive des menaces pesant sur l'environnement dans notre pays.
L'un des acteurs majeurs de la naissance de ce mouvement de protection est le botaniste Hugo Conwentz (1855-1922). Après des études de sciences naturelles, il travaille au jardin botanique à Breslau puis est nommé, en 1879, directeur du musée de la province de Prusse occidentale à

Dantzig (Gdansk, en Pologne aujourd'hui), où il va initier une série d'inventaires et de suivis des principaux sites naturels. Il présente ses travaux dans un ouvrage paru en 1904 : « *La menace des monuments naturels et des propositions pour leur protection* », qui jouera un rôle important dans le promulgation, le 15 Juillet 1907, par le ministre de la culture prussien des principes d'entretien et de préservation des sites naturels remarquables (Grundsätze für die Förderung der Naturdenkmalpflege in den Provinzen).
Le mouvement associatif va alors développer la prise de conscience de la nécessité d'un réseau de sites naturels protégés. A cette époque, de nombreuses associations voient le jour, quatre d'entre elle, la société pour la vallée de l'Isar, la société pour les parcs naturels, la ligue pour la conservation en Bavière et la ligue pour la protection des oiseaux, regroupent déjà 50.000 adhérents en 1918 (Raymond, 1992).
Il faut ensuite attendre le 26 juin 1935 pour qu'un premier texte de référence sur la protection de la nature soit promulgué (Reichnaturschutsgesetz). Dans l'ex RDA, la loi pour la protection de la nature est votée le 4 août 1954 ; la RFA fera de même le 20 décembre 1976 (Bundesnaturschutzgesetz) tout en confiant cette protection à la juridiction des Länder.
Cette loi instaure un certain nombre de catégories d'espaces protégés :

- Les réserves naturelles (Naturschutzgebiet) : dans ces réserves, toute action de destruction, de dégradation ou de modification sont interdites et les réserves doivent être prises en compte dans les documents d'urbanisme. Des mesures compensatoires sont prévues.
  Il en existe 7.632 sur une surface qui atteint en 2005 1.185.401 ha soit 3,3 % du territoire.
- Les parcs nationaux (Nationalpark) et les réserves de Biosphère (Biosphärenreservate) : plus étendus que les réserves naturelles, ils en possèdent les mêmes contraintes de protection.
  Au nombre de 28, 14 pour chacun de ces types d'aires protégées, ils occupent 5,14 % du territoire.
- Les parcs naturels (Naturparke) : ils combinent protection et mise en valeur des territoires et occupent 23,4 % de celui-ci.
- Les monuments naturels (Naturdenkmal) : d'une surface très limitée, souvent inférieure à 5 ha ; ces objets présentent des caractéristiques remarquables qui relève principalement de leur côté pittoresque.

L'état fédéral se dote d'un ministère de l'environnement le 6 juin 1986, relayé au niveau de chaque Land par deux offices fédéraux (Figure 1.15).

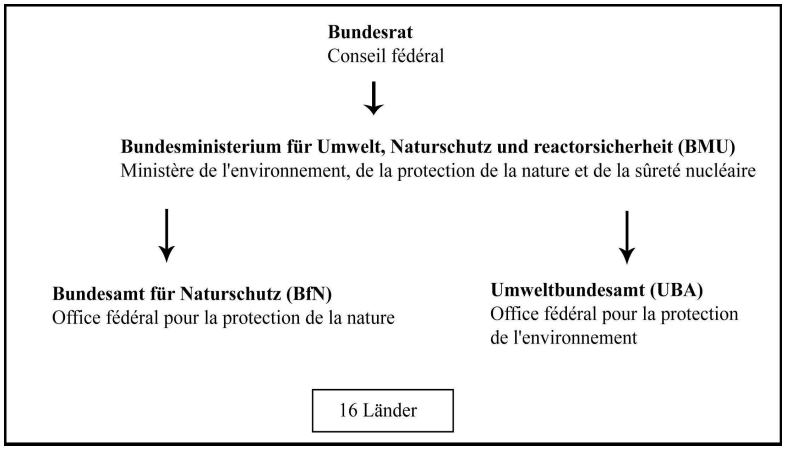


Figure 1.15 : Administration de l'environnement en Allemagne

Depuis la réunification des deux Allemagne, les bases légales de la protection de l'environnement sont régies par l'article 75 de la constitution fédérale qui ne donne au gouvernement fédéral qu'une compétence législative de cadrage, les Länder étant chargés de définir des règles plus précises ainsi que leurs modalités d'application (Rehbinder, 2000).
Une nouvelle loi fédérale de la protection de la nature et du paysage a été votée le 04 Avril 2002 ; elle est complétée et précisée par les dispositifs mis en place dans les Länder.
(http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/bundnatschugesetz_neu060204.pdf).

Malgré cette prise de conscience, les outils de protection législatifs concernant strictement le patrimoine géologique restent bien limités. Des solutions peuvent cependant être trouvées

dans d'autres arsenaux législatifs comme en témoigne le conflit qui dans les années 70 opposa les autorités locales en charge de la création d'une vaste décharge à l'emplacement du puits de Messel aux riverains opposés à ce projet associés aux partisans de sa protection comme site fossilifère exceptionnel.

La fosse de Messel est située dans le Land de Hesse près de la ville de Darmstadt. Depuis 1859, on y exploitait des schistes bitumineux Eocène dont on extrayait de l'huile minérale, du pétrole. En 1920, cette carrière fournissait 37 % des besoins en pétrole de l'Allemagne. Durant la seconde guerre mondiale, plus de 300 ouvriers d'Ukraine et de Biélorussie y étaient contraints au travail forcé. En un siècle d'exploitation, celle-ci ayant cessée en 1971, plus de 20 millions de tonnes de schistes ont été extraits, donnant naissance à une vaste excavation d'environ 60 mètres de profondeur sur 750 mètres de circonférence.

Après l'arrêt de l'activité minière, la société exploitante décida la création d'une vaste décharge, les besoins en stockage de déchets ultimes étant importants. A cette annonce, un mouvement de contestation local se fit jour, les habitants craignant les conséquences, en particulier sur leur santé, de l'installation de cette décharge sur leur territoire.

Parallèlement, des paléontologues professionnels et amateurs envahirent le site à la recherche de fossiles éocènes. Quelques pièces exceptionnelles furent ainsi mises au jour, dont en 1974, un ancêtre des équidés actuels, le propalaeotherium, en position anatomique. A la même période, un procédé de conservation efficace fut mis au point, la plupart des pièces trouvées jusqu'alors s'étant dégradées à jamais.

Malgré ces découvertes, les travaux de transformation du site en décharge ne s'interrompirent pas. Pourtant, les exhumations se poursuivaient, tout aussi intéressantes : un abondant matériel végétal, de nombreux fossiles de vertébrés dont 90% sont des poissons, 700 chauve-souris représentant 4 familles différentes, 60 squelettes d'ancêtres des chevaux . Progressivement, il apparut que ce site était exceptionnel à l'échelle de la planète pour les traces qu'il conserve de la grande radiation évolutive des mammifères de l'Eocène. A l'époque, un lac y occupait une dépression d'origine phréatomagmatique (Schulz, 2005). Sous un climat tropical, il y a un peu moins de 47 millions d'années, une faune et une flore abondantes ont alimenté le fond du lac en restes qui ne pouvaient se décomposer en raison de la nature anoxique du milieu. Rapidement recouverts de sédiments argileux, les matériaux biologiques ont été fossilisés dans le parfait respect des moindres détails anatomiques : poils, résidus de digestion dans l'estomac.

Il fallut attendre le milieu des années 80 pour que le mouvement de protestation aboutisse. Il était soutenu par le parti des verts qui refusaient de siéger au parlement tant que le projet n'était pas abandonné et bénéficia d'une nouvelle loi protégeant la ressource en eau. Peu avant l'ouverture de la décharge, les riverains obtinrent gain de cause de la part de la justice et les autorités du Land de Hesse, propriétaire du site, décidèrent donc, en 1991, de stopper le projet (Communication personnelle Jens Lorenz Franzen).

L'importance scientifique du site désormais reconnue permis d'envisager son classement au patrimoine mondial de l'Humanité et le dossier fut validé en 1995.

La gestion du puits de Messel a alors été confiée à la Société des sciences naturelles Senckenberg, qui poursuit depuis d'importants programmes de recherche mais travaille aussi à la mise en tourisme du site qui accueille actuellement environ 45.000 visiteurs/an sur la plate-forme de découverte et 20.000 visiteurs dans le cadre de visites guidées de l'ensemble de la fosse.

En 2002, le site de Messel a été inclus dans le géopark Bergstrasse-Odenwald. Ce dernier « *Entre granite et grès* » donne à découvrir l'histoire géologique de la région depuis les granites hercyniens jusqu'aux traces laissées par la dernière glaciation. Devenu porte du géopark, le site se devait d'inclure un centre d'interprétation sur place car la seule infrastructure d'accueil est la plate-forme de découverte aménagée. Il existe déjà aux alentours plusieurs musées locaux qui exposent des pièces extraites de la fosse de Messel : le musée communal de Messel, le Landesmuseum de Darmstadt et enfin le Musée d'histoire naturelle de Francfort sur le Main qui

appartient à la Société des sciences naturelles Senckenberg. Mais le projet est ici un centre d'interprétation entièrement dédié au site, à son histoire paléontologique mais aussi industrielle. En 2004, un programme INTERREG IIIB lié au réseau European geoparks, a permis de lancer le concours d'architecte pour le futur centre d'interprétation. Le projet retenu en 2006, du cabinet d'architectes Landau et Kindelbacher de Munich s'inspire de la succession des strates de schistes bitumineux. La muséographie s'étendra sur 900 m^2 d'exposition utilisant les techniques les plus modernes de médiation. Elle sera réalisée par le cabinet suisse Holzerkobler. Le chantier, d'un montant de 5 millions d'euros est entièrement pris en charge par le Land de Hesse. L 'ouverture est prévue début 2010, il est dimensionné pour accueillir près de 100.000 visiteurs/an (Figures 1.16, 1.17).

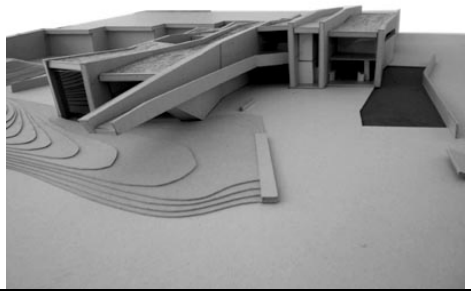


Figure 1.16 : Projet retenu : Landau et Kindelbacher (Munich).

Figure 1.17 : Muséographie : Holzerkobler.

Pendant plus d'un siècle, le puits de Messel était une ressource naturelle, car pourvoyeur de matière première énergétique. Il est ensuite devenu patrimoine comme site emblématique de la radiation éocène des mammifères. Au cœur désormais des projets de développement locaux, il a acquis le statut de ressource patrimoniale… pour la plus grande satisfaction des riverains.

3.1.2 La progressive affirmation de l'importance du patrimoine géologique

3.1.2.1 Les premiers inventaires

En 1969, à l'occasion de l'Année européenne pour la protection des monuments de la nature, le service territorial de la Basse-Saxe a commencé des recherches à Hanovre sous la direction de Gerd Lüttig, afin de réaliser un inventaire des "objets géoscientifiques dignes de protection" (GEOwissenschaftlicher SCHutzwürdiger Objekte (GEOSCHOB)). Par la suite, dans les années 70, le Schleswig-Holstein, la Rhénanie du Nord-Westphalie, la Hesse, le Bade-Würtemberg et la Bavière se sont, à leur tour, lancés dans la réalisation d'un "cadastre" semblable au GEOSCHOB.
Ce modèle imaginé en Basse-Saxe a été repris dans les travaux des services administratifs environnementaux et a permis de recueillir des informations plus ou moins volumineuses à l'échelle de l'Allemagne fédérale. Dans le cas des Länder de la Basse-Saxe et de Brême, l'inventaire des géotopes a abouti à la représentation cartographique d'espaces naturels d'intérêt géoscientifique à une échelle au 1 : 200.000. La Rhénanie du Nord-Westphalie et le Schleswig-Holstein sont parvenus à terminer leur couverture territoriale sans toutefois l'associer à une cartographie. La portée de ce travail à l'époque est restée très limitée, seule la prise en compte du géotope dans l'action du gouvernement de Karlsruhe fait figure d'exception.
En revanche, un inventaire était systématiquement réalisé dans la plupart des actions gouvernementales de l'ancienne RDA (Grube et al, 1992).

En 1992, les directeurs du Service géologique fédéral, et de l'Institut fédéral pour les géosciences et les sciences naturelles décidèrent la création d'un groupe de travail sur les géotopes au sein de la confédération. Ce groupe fut missionné en 1994, en tant que groupe de travail pour la conservation des géotopes, et publia en 1996 un rapport concernant les lignes directrices de la protection des géotopes en Allemagne : Geotopschutz in Deutschland (Röhling et al, 2004).
Un bilan des inventaires existants dans la confédération a alors été réalisé (Tableau 1.2) :

Länd	**Géotopes inventoriés**	**Superficie (km2)**
Berlin	45	883
Bade-Wurtemberg	3195	35 751
Bavière	**2910**	**70 547**
Brandebourg	500	29 475
Hambourg	33	755
Hesse	435	21 113
Mecklembourg- Poméranie occidentale	430	23 167
Rhénanie du Nord-Westphalie	3200	34 068
Rhénanie-Palatinat	40	19 852
Sarre	384	2 570
Saxe	650	18 407
Basse Saxe + Brême	1500	47 768
Saxe-Anhalt	520	20 444
Schleswig-Holstein	365	15 732
Thuringe	449	16 175
Total	14 656	356 707

Tableau 1.3 : Etat de l'inventaire des géotopes en Allemagne en 1994 (Röhling et al, 2004).

3.1.2.2 La médiation de la géologie auprès du grand public

A la suite de la réunion de Digne les Bains en 1991 et de la déclaration des droits de la Terre, le géoparc Gerolstein désormais appelé Vulkaneifel s'est associé aux trois autres géoparcs européens dans le premier projet de développement touristique local fondé sur le patrimoine géologique.
A l'échelle nationale, le groupe de travail geotop cité ci-dessus présenta, dans son rapport sur la protection des géotopes en Allemagne des prescriptions afin de développer l'intérêt du grand public pour ce sujet (Röhling, 2004).
Plusieurs actions ont alors être menées :
En 1999, le ministre fédéral allemand de l'Education et de la recherche a lancé une campagne sur le dialogue scientifique. Dans ce cadre, chaque année une science est mise en avant afin qu'elle engage un dialogue privilégié avec le grand public et l'année 2002 a été proclamée « Année de la Terre ». Durant celle-ci, le logo Planeterde fut créé (il sera d'ailleurs repris par l'Année Internationale de la Planète Terre de l'UNESCO) et un certain nombre d'événements organisés : environ 750.000 visiteurs y ont participé dans plus de 2.500 sites. A la suite de cette expérience, le jour des géotopes a été lancé. Le troisième dimanche de septembre, ce sont près de 300 géosites qui se mobilisent chaque année dans toute l'Allemagne afin de développer la curiosité et l'intérêt du grand public pour le patrimoine géologique situé près de chez lui. L'organisation de ce rendez-vous annuel est confié à la DGG (Deutsche Gesellschaft für Geowissenschaften - http://www.dgg.de/geotop).

En 2002, suite à un accord passé avec l'UNESCO, un réseau national de géoparcs a été établi pouvant se recommander de l'organisation internationale.
Le 01 Juillet 2003, il est constitué de 4 géoparcs :

- Mecklemburgische Eiszeitlandschaft
- Teilgebiet Braunschweiger Land
- Schwäbische Alb

- Bergstrasse-Odenwald qui est aussi un parc naturel régional

auxquels se rallie le 18 Avril 2005 le parc du Vulcan Eifel.
Le groupe de coordination national concernant les géoparcs a émis les premières consignes concernant ces structures le 06 Mars 2003.
Un géoparc doit contenir un groupe de géotopes et mettre en place une valorisation touristique efficace par des limites, une taille et une structure de gestion efficaces.
Toute candidature au label Geopark est soumise à la fondation Alfred Wegener / Geounion. L'importance scientifique du géoparc doit d'abord être validée par le service géologique allemand puis, un groupe d'experts est mandaté. Celui-ci se compose de 11 membres provenant du service géologique national, des domaines de l'archéologie et de l'histoire des civilisations, de la section géotope de la Société Allemande pour l'étude des Sciences de la Terre (DGG), d'instances muséographiques, de l'aménagement du territoire et du tourisme. Une fois l'accord obtenu le géoparc a le droit d'utiliser le label PlanetERDE pour une durée de 5 ans.
Alors que la déclaration de Madonie, imposait aux futurs géoparcs de se déclarer d'abord auprès des instances de l'UNESCO, le réseau allemand poursuit sa structuration de façon indépendante. Pourtant, dans le même temps, le géopark Teutoburger Wald (Terra vita) est labellisé par l'UNESCO sans passer par le réseau allemand.
Le conflit latent entre les différents labels de géoparcs : Vulkanland Eifel, le plus ancien ayant le label européen, les quatre parcs du réseau allemand et ce nouveau parc labellisé par l'UNESCO, conduisit à un besoin de clarification. Ce qui fut fait le 8 Juin 2005, lors d'une discussion entre le groupe d'experts allemands, l'UNESCO et le réseau européen.

Figure 1.18 : Répartition des géoparcs allemands (source Geo_Union 2008)

Un certain nombre d'aménagements ont ainsi été proposés :

- les géoparks allemands peuvent demander leur affiliation au réseau UNESCO
- il leur est libre de s'affilier ou pas au réseau european geopark
- ils doivent utiliser le logo UNESCO en même temps que celui de Planeterde (Röhling et Schmidt-Tomé, 2004).

L'Allemagne compte actuellement 11 géoparcs (Figure 1.18).
Tout récemment Geounion, association qui réunit une trentaine de fédérations et de sociétés en sciences de la terre et en géotechnique, en partenariat avec la fondation Alfred Wegener, a mis en ligne en mai 2005 un portail des Sciences de la Terre (http://www.g-o.de), afin de développer auprès du public la curiosité géologique nécessaire au développement des structures d'accueil touristiques liées à la géologie.

Celui-ci est consulté par 300.000 visiteurs par an (Frater, 2006). Enfin, l'Académie des Sciences de la Terre à Hanovre a présenté une série de 77 géotopes d'importance nationale qui ont reçu du BMBF la labellisation Planeterde tout comme les géoparcs.
Cette structuration d'un réseau au niveau national s'est accompagnée au niveau des Länder de la création d'inventaires de géotopes, du développement de médias de vulgarisation scientifique. Parmi les Länder moteurs dans ces réalisations, on peut citer le Baden-Wurtemberg.

3.1.3 Statut du patrimoine géologique en Bavière, seul Land alpin d'Allemagne

Seul le Land de Bavière est inclus dans notre territoire d'étude. La principale loi concernant la protection du patrimoine naturel date de 2005 et concerne principalement la qualification des principales aires protégées du territoire dont l'inventaire est donné dans le tableau ci-dessous :

Type de protection	Nombre	Surface (ha)
Parc national	2	45 020,89
Réserve de biosphère	3	131 501 ,6
Monument naturel	6604	334,08
Parc naturel	66	2 145 386,09
Réserve naturelle	647	158 778,65
Réserve de paysage	759	2 121 343,98

Tableau 1.3 : Nature et surfaces occupées par les espaces protégés dans le Land de Bavière (lfu-2007).

En 1985, le service géologique (Bayerisches Lamdesamt für Umwelt) a réalisé un inventaire qui comporte près de 3.000 géotopes. La Haute-Bavière a servi de territoire de test puis le projet a été étendu à tout le territoire. L'inventaire contient 3.400 références, dont 2.400 avec des informations élaborées.
Un tiers des géotopes inscrits dans l'inventaire réalisé par le Land ne possède pas encore de statut de protection, soit plus de 700. 48 % sont protégés en tant que monuments naturels ou au sein de réserves naturelles et des parcs nationaux. 19 % sont dans des secteurs de protection du paysage ou des parcs naturels (Lagally et al, 2000).
Ainsi, parmi les 6.604 monuments naturels, 6 relèvent de la géologie :

Bavière	
	Bretachklamm
	Hubersee
	Judenkirche
	Schnittlinger Loch
	Tropfenders Fels
	Wachsender Felsen

Tableau 1.4 : Liste des monuments naturels géologiques du Land de Bavière.

Les sites ont été sélectionnés pour leur intérêt scientifique , la géologie régionale ou la pédagogie, leur état de préservation et leur rareté. Un SIG est consultable en ligne (http://www.lfu.bayern.de/geologie/fachinformationen/geotoprecherche/indexx.htm). Il comporte 2.000 références. La recherche peut se faire de façon géographique, par type de géotope ou bien par mesures de protection. Pour chacun d'eux, une valeur numérique permet de réaliser une évaluation rapide de la qualité de chaque géotope.
L'analyse de l'inventaire montre que l'ensemble des époques géologiques est bien représenté, la répartition géographique moins uniforme. Sur les 5 catégories répertoriées (affleurement, morphologie, cavité, site préhistorique, source), les affleurements et les sites géomorphologiques sont les plus représentés (Glaser et al, 2004).

Afin de valoriser ce travail auprès du plus grand public, le Land de Bavière a initié en 2001 le projet : « *Les 100 plus beaux géotopes de Bavière* ». Parmi l'ensemble des géotopes référencés, 100 vont être élus par le grand public, les décideurs politiques et les spécialistes afin d'obtenir ce label garantissant l'intérêt démonstratif du site, sa facilité d'accès etc. Un parrainage réalisé par une école, une commune ou un centre universitaire entérine cette reconnaissance. L'impact médiatique de la célébration est renforcé par la mise en place de panneaux d'information sur les sites, de brochures de communication, de dossiers de presse

établis pour l'inauguration, et d'un logo particulier sur le SIG du service géologique bavarois (Figure 1.19). A l'automne 2008, 77 sites étaient déjà labellisés, les bourgmestres devenant eux-mêmes moteurs dans ces demandes, seuls 23 sites restant à labelliser (Loth et al, 2007).

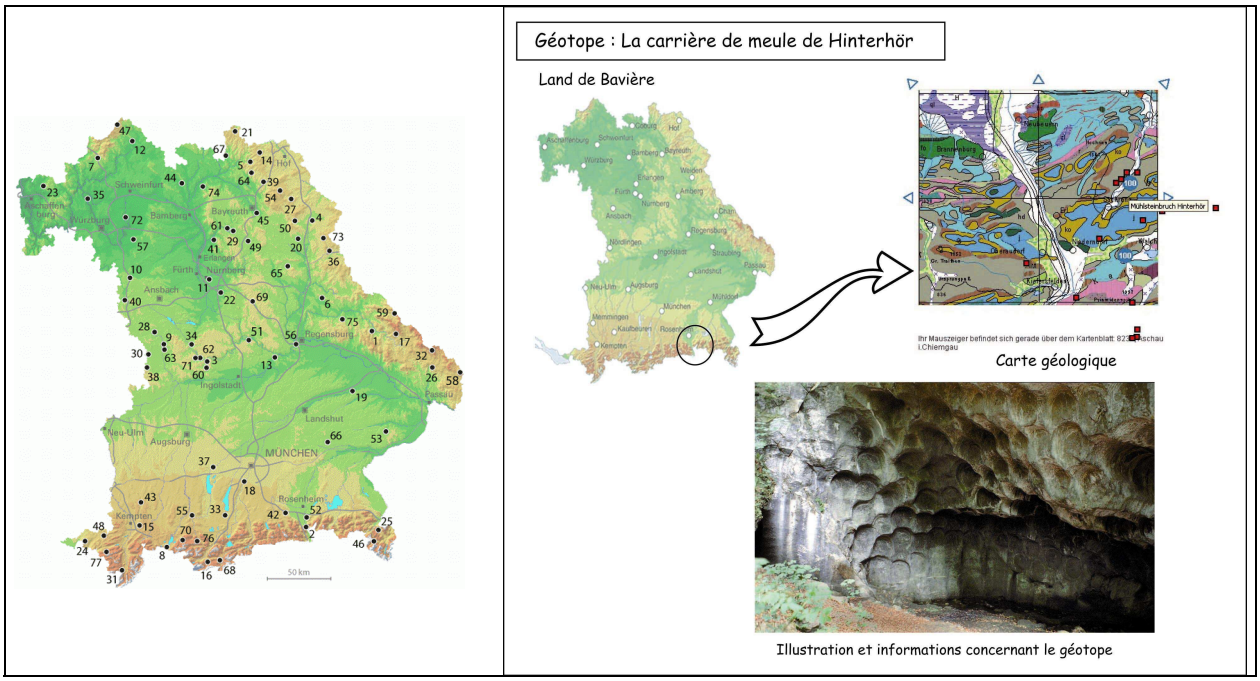


Figure 1.19 : Présentation des 100 plus beaux géotopes de Bavière (source : http://www.lfu.bayern.de).

Ce travail de valorisation a retenu l'attention de la région Emilie-Romagne en Italie, dont le Service géologique sismique et du sol (SGGS) a entrepris en partenariat avec les administrations bavaroises la création d'une base de données fonctionnant sur le même principe (http://www.regione.emilia-romagna.it/geologia/).

3.1.4 Bilan

A l'avant-garde de la protection de l'environnement en Europe, l'Allemagne fait aussi partie du groupe de tête en ce qui concerne la protection et la mise en valeur de son patrimoine géologique.

Bien qu'une certaine hétérogénéité subsiste entre les différents Länder, de nombreux inventaires étaient déjà disponibles dès 1994. Une Année de la Terre a été décrétée par le Ministère de l'Environnement et de la Recherche en 2002 et depui, un rendez-vous annuel pour la diffusion des Sciences de la Terre a été lancé le troisième dimanche de septembre. Un réseau de 11 géoparcs a été créé dans le pays, dont 6 sont labellisés *European geoparks*. Enfin, le géoparc Terra Vita a accueilli en 2008 la 3e rencontre internationale des géoparcs (Geoparks 2008), montrant tout l'intérêt que portent les autorités fédérales au rayonnement des géosciences.

Ce dynamisme a largement été impulsé par le réseau associatif des géologues professionnels (DGG), mais aussi par l'ensemble des associations locales de protection de l'environnement, très actives dans ce pays.

3-2 L'Autriche et le rôle majeur du service géologique fédéral

3.2.1 Un réseau d'espaces naturels protégés qui fait une large place au géopatrimoine

Constitutionnellement, les 9 provinces fédérales sont compétentes en matière de protection de l'environnement. Il existe donc 9 lois sur la protection de la nature en Autriche. Au niveau fédéral, l'Article 15a de la constitution prévoit qu'un service du Ministère de la Vie (Lebenministerium) soit en charge des parcs nationaux.
Actuellement, 35 % de la surface du pays relèvent de mesures de protection de l'environnement selon la répartition suivante :

Type de protection	Nombre	Surface (Km2)	% du territoire
Parcs nationaux (Nationalpark)	6	2.426	3
Réseau Natura 2000 (Europaschutzgebiet)	88	5.160	6
Réserves naturelles (Naturschutzgebiet)	400	2.995	4
Aires de protection du paysage (Landschaftschutzgebiet)	244	12.929	15
Réserves de nature et de paysage (Natur-Landschaftsschutzgebiet)	4	506	1
Parcs naturels (Naturpark)	43	3.687	4
Zones protégées paysagères (Geschützter Landschaftsteil)	334	90	0,1
Réserves Ramsar (Ramsar-Gebiete)	19	1.380	1,6
Réserves de Biosphère (Biosphärenparks)	6	1.524	1,8
Autres (Sonstige Schutzgebiete)	47	1.864	2
Total	1.166	29.657	35

Tableau 1.5 : Répartition par types de protection (données déc. 2006) source : Umweltbundesamt.

La communauté des géologues s'est mobilisée pour que le patrimoine géologique soit pris en compte dans nombre de ces aires protégées. Ainsi, le parc national des Hohe Tauern, fait une large place à la découverte des sites miniers, minéralogiques ou glaciologiques sur l'ensemble de son territoire en proposant de nombreux sentiers géodidactiques ainsi que des visites de mines et un centre d'interprétation largement ouvert à ce thème.
Le parc naturel Eisenwurzen a été labellisé *European Geopark* en 2002. De nombreuses réalisations ont été créées afin de faire découvrir au plus grand nombre les richesses géologiques de ce territoire, jusqu'à la création d'un itinéraire géologique à parcourir en raft.

Parfois, cette volonté de développer le tourisme autour de sites géologiques a conduit à quelques abus. Ainsi, le parc culturel Kamptal, dans le Nord-Est du pays, avait obtenu le label *European Geopark* en particulier pour son musée de site à Maissau construit sur une veine d'améthyste d'une centaine de mètres de long sur une largeur de 1 à 3 mètres. En fait, cette réalisation était entièrement artificielle, le site n'ayant jamais été exploité pour en extraire cette pierre semi-précieuse. Et la réalisation muséographique, d'un intérêt didactique certain, était ternie par le développement parallèle d'une boutique qui réalisait près des ¾ du chiffre d'affaire du site en vendant des minéraux en provenance du monde entier sans que l'on n'en connaisse toujours la provenance exacte, et surtout les conditions d'extraction et de taille. Le réseau des géoparcs européens n'a pas renouvelé le label du parc, certainement en raison de cette mise en tourisme incompatible avec les valeurs défendues par celui-ci, en particulier la protection du patrimoine avant tout.

En 1991, Hans Peter Schönlaub, alors directeur du service géologique autrichien, lança le projet « GAIA's Sterne » (Geotope Austria's Standote erdwissenschaftlich relevanter Naturdenkmale) qui avait pour objectif de lister l'ensemble des sites géologiques protégés d'Autriche (Hofmann, 2006). En 1997, 641 géotopes d'intérêt national étaient reportés sur les cartes géologiques au 1/25 et 1/50.000. Ces sites majoritairement représentés par des cascades, comme celle de Krimmler dans la parc national des Hohe Tauern qui accueille chaque année plus de 200.000 visiteurs, des gorges comme celles de Rosengartenschlucht à Imst, des paysages remarquables ou des grottes traduisaient une vision contemplative de la géologie à travers ses éléments pittoresques ou remarquables sans véritable relation avec la représentativité scientifique de ces sites.
En 1999, afin de mieux faire connaître l'ensemble du patrimoine géologique du pays, Thomas Hoffmann, du Service géologique autrichien, reprit ce travail pour le transformer en une base de données, accessible via Internet (http://www.geologie.ac.at/geo_exkursionen/start.htm). Ce travail a été financé à 50 % par le ministère les autres 50 % étant apportés par chacune des 9 provinces de la fédération.
Le site recense 569 géotopes (Figure 1.20). Des requêtes peuvent être formulées avec des entrées géographiques, thématiques ou bien en relation avec les grandes unités géologiques du pays. On parvient alors à des fiches techniques qui présentent les sites, leur intérêt, leur vulnérabilité et quelques informations concernant la bibliographie associée.

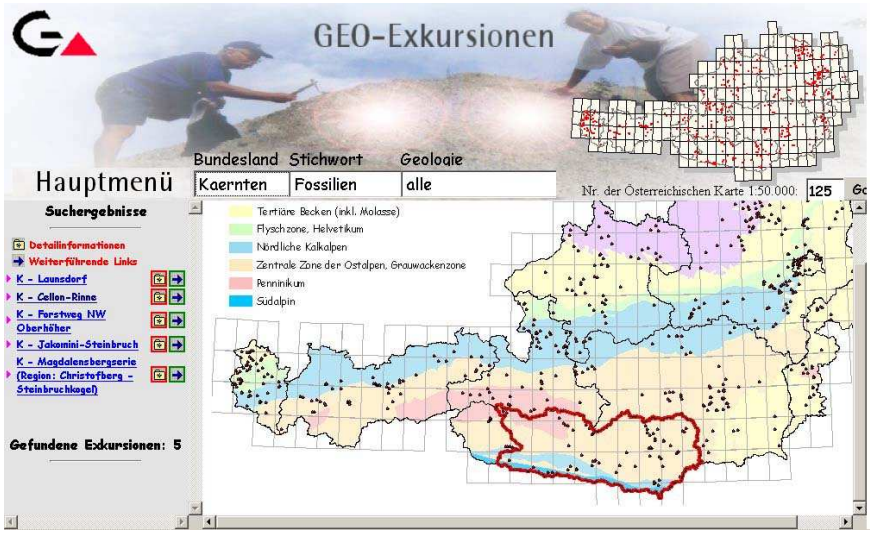


Figure 1.20 : Page Geoexkursionen du site du Service géologique autrichien.

Grâce à quelques personnalités du monde de la géologie personnellement impliquées dans la reconnaissance du patrimoine géologique, l'Autriche, bien que possédant un arsenal législatif limité ainsi qu'un inventaire fédéral soutenu par le Service géologique national, seul « compétent » à cette échelle, présente un certain nombre de réalisations à la fois originales et largement réparties sur l'ensemble du pays.
Ainsi, près de Graz, un partenariat public-privé associe les autorités éducatives de la province de Styrie, le Landesmuseum Joaneum de Graz ainsi que la compagnie Leca exploitant une carrière d'argile du Miocène très fossilifère. L'interruption de l'exploitation, durant quelques semaines au cours de l'année, permet à des milliers de scolaires de découvrir le travail de fouille, de préparation et de détermination à la base du métier du paléontologue (Fritz I., 2007).
Les espaces protégés, nombreux dans le pays, ont également joué un rôle important, en particulier dans la valorisation de certains sites géologiques. Ainsi, le parc national des Hohe Tauern a créé plusieurs sentiers d'interprétation sur le thème des sciences de la terre, soutenu dans ce travail par le Club alpin autrichien, très actif.

3.2.2 Bilan

L'intérêt marqué que les Autrichiens ont pour leurs espaces naturels associé à des initiatives locales (réhabilitation d'anciennes mines), diverses et nombreuses, font que le patrimoine géologique est une composante importante de la mise en valeur de l'environnement dans ce pays. Alors que deux géoparcs ont déjà été créés dans le pays, un nouveau projet est en cours de création dans les Alpes carniques.

3.3 La France : des démarches institutionnelles impulsées par quelques acteurs passionnés

3.3.1 La lente intégration du patrimoine géologique dans la législation française

S'il n'existe pas en droit français de législation concernant directement le patrimoine géologique, nonobstant le code minier qui s'intéresse à un aspect particulier de ce patrimoine, de nombreuses lois y font référence, ainsi que nous allons le voir dans cette approche historique pour laquelle nos exemples seront choisis majoritairement dans les Alpes (Billet, 2002).

3.3.1.1 Les lois liées au classement des sites à un inventaire national

La loi du 31 décembre 1913 qui reprend et précise celle du 30 mars 1887 sur les monuments historiques permet de protéger en totalité ou en partie certains éléments du patrimoine géologique, lorsqu'ils présentent du point de vue de l'histoire ou de l'art un intérêt pour le public. Elle a été, en 2004, codifiée dans le code du patrimoine (Code du patrimoine L621-1, L621-2, L621-7). Cette loi de protection du patrimoine ne remet toutefois pas en cause le droit de propriété, d'où l'accord nécessaire des propriétaires, qui, ne recevant aucune compensation en échange, sont peu nombreux à entamer la démarche. Elle fixe toutefois des limites au droit de propriété pour cause d'intérêt public, les sites devant être maintenus en l'état, et implique un certain nombre de contraintes dont la protection des abords d'un monument historique sur un rayon de 500 m.

Des sites d'intérêt géologique peuvent être classés au titre des monuments historiques. La loi retient essentiellement 2 critères : l'histoire et l'art, ces monuments devant présenter un intérêt public. Différentes catégories d'objets géologiques ont ainsi pu être protégés : des blocs erratiques (bloc erratique sculpté d'Allinges par arrêté du 28 janvier 1907), des sites préhistoriques (ateliers de silex P51 de Vassieux en Vercors par arrêté du 26 octobre 1982, gravures rupestres d'Aussois par arrêté du 22 novembre 1999), des sites miniers (site minier de Brandes à Huez par arrêté du 2 décembre 1993, palais de la Mine à Peisey-Nancroix par arrêté du 20 décembre 1990) (Source DIREN Rhône-Alpes, 2008).

D'autres sites peuvent être inscrits à l'inventaire supplémentaire des monuments historiques. Cette disposition est une mesure d'attente dans le cadre de biens présentant un intérêt suffisant : ainsi, la mine du Fournel à l'Argentière–la-Bessée (Hautes-Alpes) a été inscrite par arrêté du 1er octobre 1994, en même temps que le village minier et les ateliers.

La loi du 2 mai 1930 qui reprend et précise celle du 21 Avril 1906 permet le classement ou l'inscription de sites géologiques au titre des monuments naturels et des sites de caractère artistique, historique, scientifique, légendaire ou pittoresque. Elle est codifiée aux articles L.341-1 à L341-22 du code de l'environnement. Une plaque commémorant le centenaire de la loi a été dévoilée le jeudi 18 mai 2006, sur l'île de Bréhat, premier site classé au titre de cette loi afin d'en protéger les célèbres granites roses (Bergeal, 2008) (Figure 1.21). En 2008, ce sont 2.651 sites qui sont ainsi inscrits représentants plus de 800.000 ha du territoire national.

Figure 1.21 : plaque commémorative

Cette loi est la première à remettre en cause le droit de propriété au bénéfice du bien public.

C'est en Franche-Comté, région où préexiste une perception du bien commun au travers des diverses traditions coutumières et communautaires, que l'on peut situer l'origine de cette loi, particulièrement aux sources du Lison, site géomorphologique remarquable (Figure 1.22).

Un meunier avait établi une dérivation sur la source afin d'alimenter son moulin. Lors de la vente de celui-ci à un industriel, Joseph Prost, au début du XXe siècle, ce dernier décide d'augmenter la dérivation afin de produire de l'électricité. La commune s'émeut de voir ainsi défigurer un site qui commence a lui attirer quelques touristes et porte plainte. Le député du Doubs Charles Beauquier prend alors en charge le dossier. Une confrontation est prévue sur place en mai1901 et un compromis trouvé en limitant le débit autorisé à l'industriel afin de protéger le site. Ce dernier n'obtempère pas et la commune porte plainte. Lors du procès, deux reproches sont formulés : atteinte au droit de propriété, car l'ensemble des falaises appartiennent à la commune, et atteinte à l'esthétique du site ; mais comme il n'existe pas de texte concernant cette seconde allégation, l'industriel fait appel. Il sera à nouveau condamné le 27 novembre 1902. Les défenseurs du site ont fait appel à la loi relative au régime et à la répartition des eaux du 8 avril 1898 qui stipule que le droit de propriété s'efface devant le droit d'usage lorsque l'eau est courante et l'autorisation de l'administration est nécessaire si les travaux modifient le niveau de l'eau au droit des propriétés amont et aval.

Figure 1.22 : Sources du Lison (carte postale 1942)

Le site est sauvé, mais la législation ne pourra pas toujours trouver des solutions pour limiter le droit de propriété et Charles Beauquier réunit alors l'ensemble des acteurs de l'époque afin d'étendre la loi de 1887. Il fera voter la loi du 21 avril 1906, moins contraignante qu'il ne le souhaitait mais qui instaure par son article 4 alinéa 2 les commissions départementales des sites auprès desquelles tout propriétaire devra déposer une demande avant d'effectuer des modifications sur son site, et qui seront en charge de l'inventaire. La loi du 2 mai 1930 instaurera un financement de la protection par prélèvement d'une partie des deniers de la caisse des monuments historiques et l'expropriation du propriétaire si celui-ci refuse le classement.

A l'origine destinée à protéger des monuments naturels limités, la notion s'est élargie à la dimension d'un paysage tout entier, la notion de site supplantant celle de monuments naturels.
De nombreux sites géomorphologiques (cols, cascades, gorges, grottes, cirques, rochers, falaises ou lacs) bénéficient de ces mesures de protection : classement ou inscription (Barraqué B., 1991).

Dans la région Rhône-Alpes, 170 sites sont classés et 520 inscrits (DIREN Rhône-Alpes, 2005).

- Le classement : c'est une protection forte, les monuments ne pouvant être transformés ou détruits qu'avec l'accord du ministre chargé des sites (Gauchon, 2002).

On peut citer : les tours St-Jacques à Allèves (dpt 74, 1909), les blocs erratiques du plan des rocailles (dpt 74, 1914), la chaîne de rochers dits des Pénitents des Mées (dpt 04, 1941), le massif du Mont-Blanc (dpt 74, 1951), le désert de Platé, les aiguilles de Warens et la montagne de Véran (dpt 74, 1998), le claps et le saut de la Drôme (dpt 26, 2004), le massif du St-Eynard (dpt 38, 2006), le massif de l'Etendard (dpt 73, 2008).

- L'inscription : c'est une protection légère, elle vise à contrôler les qualités esthétiques et pittoresques d'un paysage naturel contre une urbanisation et des équipements disgracieux. Cela entraîne l'obligation de soumettre à l'avis de l'architecte des Bâtiments de France les projets d'aménagements et d'équipements susceptibles de modifier l'aspect du site naturel.

On peut citer : le glacier de Saint Sorlin et de Cote Blanc (1939), le cirque d'Archiane (1955), le désert de Platé, le col d'Anterne et la haute vallée du Giffre (1965).

L'une des procédures de cette loi prévoyait l'instauration de zones de protection autour des sites. Peu utilisée, elle a été remplacée, au terme de la loi sur la décentralisation, par les zones de protection du patrimoine architectural, urbain et paysager (ZPPAUP).
Le classement d'un site est un préalable nécessaire au lancement d'une Opération Grand Site (voir infra).

3.3.1.2. La création du réseau des espaces naturels protégés

- Les parcs nationaux

Le statut des parcs nationaux, qui avait été instauré en 1960 (loi du 22 Juillet 1960 et le décret du 31 Octobre 1961 codifiés sous les articles L.331-1 du code de l'environnement et R241-1 du code rural) a subi une importante réforme lors de l'adoption de la loi du 14 avril 2004 qui impose une double mission aux parcs : la protection de la nature et le développement durable (Giran, 2003).
Il existe aujourd'hui 7 parcs nationaux dont 3 dans les Alpes : Vanoise (créé en 1963, modifié en 1991), Ecrins (créé en 1973, modifié en 1991), Mercantour (créé en 1979, modifié en 1991). Ces parcs ne sont pas destinés à protéger le patrimoine géologique, mais le décret du 3 Janvier 1989 punit de contraventions de la cinquième classe ceux qui « en infraction à la réglementation du parc auront, sans autorisation, prélevé des minéraux et des fossiles, où que ce soit à l'intérieur d'un parc national ». Ainsi dans le parc national des Ecrins, seuls les prélèvements destinés à des fins scientifiques ou pédagogiques liés au parc peuvent être autorisés par le directeur du parc. Si le souci principal au moment de la création de ces parcs nationaux était la protection d'espaces naturels remarquables et des espèces naturelles qu'ils abritaient, certains d'entre eux s'intéressent aussi au patrimoine géologique. Ainsi, le parc des Ecrins a réalisé un inventaire entre juin 2002 et novembre 2005 qui a permis de sélectionner 200 sites chacun répertorié sous la forme d'une fiche présentant une description du phénomène géologique accompagnée d'une documentation de 2 à 10 pages (Brugot, 2008). Une note évaluant l'intérêt patrimonial ainsi qu'une note de besoin de protection ont été accordés à chaque site. Les deux sites les plus importants, en ce qui concerne leur valeur patrimoniale, sont la faille du col d'Ornon ainsi que la faille jurassique de la Jassirette à Villard-Notre-Dame ; ceux qui ont un besoin de protection le plus élevé sont : les anciennes mines d'or de la Gardette ainsi que celle de plomb et d'argent du Pontet à Bourg d'Oisans.
Le parc du Mercantour, après avoir réalisé un inventaire interne, a décidé la mise en valeur de 4 sites : la vallée des Merveilles, les gorges de Daluis dans le Haut-Var, le site du camp des Fourches et de Salso Moreno en Haute Tinée (communication Benoît Lequette, chef du Service étude et gestion du patrimoine).

- Les parcs naturels régionaux

Un simple décret, en date du 1er mars 1967, instaure le régime des parcs naturels régionaux dont l'assise légale est assurée par la loi du 5 juillet 1972. Le territoire labellisé pour une période de dix ans établit une charte dans laquelle peut être précisée la place accordée au patrimoine géologique.
Ainsi, la charte du Parc naturel régional du Verdon prévoit que les exploitations des richesses naturelles du sous-sol doivent se faire avec le souci d'éviter les dégradations paysagères, et que la gestion du patrimoine géologique du parc situé en dehors des limites de la réserve naturelle géologique de Haute-Provence doit se faire en concertation avec l'organe gestionnaire de la réserve.
Il existe aujourd'hui 45 Parcs naturels régionaux dont 6 situés dans l'arc alpin : les Bauges (1995), la Chartreuse (1995), le Vercors (1970), le Queyras (1977), le Lubéron (1977), le Verdon (1997). Le parc des Baronnies devrait voir le jour prochainement.

Certains de ces parcs ont mis en place des initiatives afin de mieux connaître leur patrimoine géologique. Ainsi, le parc naturel régional de Chartreuse a réalisé, avec l'aide du laboratoire EDYTEM, un inventaire des mines et carrières ayant été en activité sur son territoire (Cayla, 2005). Il a aussi créé des itinéraires de découverte, comme le sentier d'interprétation des anciennes meulières de Mont St-Martin, près de Grenoble.

- Les réserves naturelles

La loi du 10 Juillet 1976 relative à la protection de la nature dont le régime est désormais codifiée sous les articles L.332-1 et suivants du code de l'environnement et R.242-1 et suivants du code rural crée les réserves naturelles.
Le décret de classement de la réserve précise le périmètre, le règlement qui s'y applique, et instaure une structure de gestion qui doit élaborer un plan de gestion. Ce classement est une servitude d'utilité publique.
Il existe actuellement 12 réserves naturelles à vocation géologique, sur un total de 320 en 2007, dont une seule dans les Alpes :
Saucats-La Brède (Gironde, 1982), François le Bail, Ile de Groix (Morbihan, 1982), Falaise du Cap-Romain (Calvados, 1984), **Réserve naturelle géologique des Alpes de Haute-Provence (Alpes de Haute-Provence, 1984**), Hettange-Grande(Moselle, 1985), Grotte du T.M. 71 (Aude, 1985), Lubéron (Vaucluse, 1987), Sites géologiques du département de l'Essonne (Essonne, 1987), Vireux-Molhain (Ardennes, 1991), Montagne Sainte-Victoire (Bouches-du-Rhône, 1994), Pointe de Givet (Ardennes, 1999).
Afin de structurer ce réseau, une Conférence permanente des réserves naturelles a été créée en 1982. Cette association, régie par la loi de 1901, a pris le nom de Réserves Naturelles de France (RNF) en 1994 (Allain et al, 2007).
Cette loi prévoit aussi la création des réserves naturelles volontaires. Il en existe 11 à vocation géologique sur un total de 176 en 2002.
Elles protègent un patrimoine paléontologique : La RNV de la Lieude (Hérault), de Saturnin-Garimond (Gard), Aumelas (Hérault), Montredon (Hérault), Lavergne (Lot) , Itteville (Essonne) et la RNV de **St Martin de Bromes (Alpes de Haute-Provence)** ; historique : la RNV du Puy de Marmant (Puy de Dôme) ; stratigraphique : la RNV de la carrière du Four à Chaux (Loir et Cher) ou minéralogique : la RNV de Longeville-lès St-Avold (Moselle) (Jonin, 2007).
La loi n° 2002-276 du 27 février 2002 relative à la démocratie de proximité a transformé les réserves naturelles volontaires ou, en Corse, les réserves naturelles de la collectivité territoriale de Corse, en réserves naturelles régionales. La gestion de celles-ci sera donc confiée aux régions, les Direction régionales de l'environnement devant participer activement à la transformation des 176 réserves naturelles volontaires en ce nouveau réseau.

Au sein de RNF, la commission « patrimoine géologique » composée de 42 membres voit le jour en 1986. Elle est à l'origine de la mise en place, par le Ministère, en 1998, de la Conférence Permanente du Patrimoine Géologique, particulièrement active dans la prise en compte de ce patrimoine et en charge depuis 2005 de la réalisation de l'inventaire de celui-ci. Entre temps, un rôle important a été joué par la Commission du Patrimoine Géologique de l'association des réserves naturelles de France. Celle-ci a réalisé un inventaire du patrimoine géologique au sein des réserves en 1995, qui a conduit à une typologie des géotopes, d'où il ressort que dans ces réserves sont particulièrement représentés des stratotypes ainsi que des sites paléontologiques.

3.3.1.3. La législation relative à certains espaces

La Loi montagne du 9 janvier 1985 prévoit la désignation des « *espaces, paysages et milieux les plus remarquables du patrimoine naturel et culturel montagnard, notamment les*

gorges, grottes, glaciers… » et leur modalités de protection, au titre de l'article L111-1-1 du code l'urbanisme.

La Loi littoral du 3 janvier 1986 a donné naissance au décret de 1989 qui s'attache à la préservation des « *formations géologiques telles que les gisements de minéraux et de fossiles* ».

La Loi Barnier sur le renforcement et la mise en valeur des paysages du 2 février 1995 offre une protection supplémentaire aux sites : « *Lorsqu'un intérêt scientifique particulier ou que les nécessités de la préservation du patrimoine minéralogique le justifient, est interdite la destruction ou l'altération des sites dont la liste est fixée par arrêté du ministre chargé de la protection de la nature, en raison de leur importance pour l'histoire de la terre et de l'utilisation des ressources naturelles par l'homme. L'accès et le prélèvement de tout objet minéral peuvent y être réglementés ou, le cas échéant, interdits par l'autorité administrative* ».

La loi Solidarité et Renouvellement Urbain (S.R.U.) du 27 Février 2002 relative à la démocratie de proximité demande que l'état « *assure la conception, l'animation et l'évaluation de l'inventaire du patrimoine naturel* ». Afin de répondre aux exigences dictées par la loi, le Muséum national d'Histoire naturelle a lancé l'inventaire du patrimoine géologique. Relancé serait plus approprié puisque dans les années 90, une initiative similaire avait été entreprise.

3.3.1.4. Les protections liées aux paysages

- La procédure Zone de Protection du Patrimoine Architectural, Urbain et Paysager (ZPPAUP)

Cette procédure a été instaurée par la loi du 7 janvier 1983 relative à la répartition des compétences entre les communes, les départements, les régions et l'état qui consacrait une série de dispositions relatives à la protection du patrimoine.
La ZPPAUP est une des procédures qui peut être utilisée par des collectivités territoriales afin de protéger des éléments géologiques influençant la qualité paysagère des sites.

- Les directives paysagères :

La loi du 8 Janvier 1993 a instauré les directives paysagères. « Sur des territoires remarquables par leur intérêt paysager, définis en concertation avec les collectivités territoriales concernées et lorsque lesdits territoires ne sont pas l'objet de directives territoriales d'aménagement prises en application de l'article L.111-1 du code de l'urbanisme, l'État peut prendre des directives de protection et de mise en valeur des paysages » (Code de l'environnement, article L.350-1).
La mise à l'étude d'une directive paysagère résulte d'un arrêté ministériel qui en précise : les objectifs, la liste des communes concernées et le préfet en charge du dossier.
Deux directives paysagères ont été approuvées par le ministère : celle du **massif calcaire des Alpilles** et celle du **Paysages du Mont Salève** en 2008.
Ces directives ont pour objectif de développer la connaissance sur le paysage, de renforcer la cohérence des politiques publiques et de soutenir la compétence de tous ceux qui agissent sur le paysage.

- Les Opérations Grands Sites :

Elles sont conduites par la direction de la nature et des paysages du Ministère de l'Environnement (circulaire DNP du 2 Mai 1997). Cette démarche non réglementaire est suscitée par l'impact de la sur-fréquentation sur certains sites remarquables. Après une phase de diagnostic, une phase de travaux est organisée afin de réduire les impacts touristiques. Huit OGS sont déjà terminées, 13 sont en cours de travaux et 24 en cours d'étude. Le financement

provenant pour moitié de l'Etat : 750.000 à 1,6 million d'euros par opération, le reste provenant des collectivités locales et de mécènes.
Le réseau des grands sites de France a déposé une marque à l'Institut de la Propriété industrielle qui certifie la gestion, selon les principes du développement durable, des espaces et le maintien de leur qualité d'origine. Ce label est attribué pour 6 ans renouvelables.

Malgré un siècle d'édification d'un droit de l'environnement dont une partie des textes est relative à la protection des patrimoines naturels mais également des patrimoines géologiques, les décisions de justice ne sont pas toujours rendues dans le respect de cette protection. Ainsi, dans les années 80, des cristalliers ont été jugés pour destruction du site classé du Mont-Blanc dans lequel ils avaient prélevé 400 kg de quartz fumé. Dans un premier temps, le tribunal de Bonneville les a relaxés au motif que «les failles occasionnées par le travail des cristalliers étaient tout à fait comparables à celles provoquées par le matériel d'alpinisme » ! La cour de Cassation infirmant ce premier jugement a considéré que l'extraction de minéraux « fut-ce en quantité non-industrielle », constitue en elle-même « une dégradation portant atteinte à la substance de la montagne dès lors que ces minéraux sont extraits de la montagne (…)». Plus récemment, dans le même contexte, cette même cour a fait valoir que « les cristaux de quartz constituent l'une des curiosités et l'une des richesses naturelles du massif du Mont-Blanc(…) ». L'extraction de minéraux, qui sont partie intégrante du site protégé, a pour effet de le dégrader en supprimant une partie de sa substance » (Cass. Crim., 9 août 1993) (Billet, 2002).
En 2005, une autre affaire de cristalliers défrayait la chronique. Après 7 mois d'enquête, trois cristalliers étaient interpellés en possession de plusieurs dizaines de tonnes de cristaux de quartz extraits illégalement de la célèbre mine de La Gardette et bien sûr d'un arsenal d'explosif conséquent (D.L., 25 mars 2005). Après deux années de procès, le tribunal de grande instance de Grenoble a rendu une ordonnance de non-lieu au motif que la mine en question n'est pas un site classé.
Si le droit n'est pas le meilleur outil de protection du patrimoine géologique, il faut se tourner vers une meilleure connaissance de l'importance et de la vulnérabilité de ce dernier afin de susciter sa prise en compte dans l'aménagement du territoire, et surtout sa préservation pour le bien de tous et pas seulement l'intérêt de quelques-uns. Mais il faut bien sûr savoir raison garder : la plupart des amateurs collectionneurs de fossiles ou de cristaux sont à l'origine de nombreuses découvertes qui ont fait progresser la recherche et pas systématiquement d'un pillage sans retenue des sites.

3.3.2. La structuration d'un réseau d'acteurs autour du patrimoine géologique

Alors que la première réunion internationale sur la protection du patrimoine géologique s'est tenue à Digne les Bains en 1991, lançant à l'échelon européen un vaste mouvement qui a donné naissance au réseau des géoparcs. L'émergence d'une prise en compte du patrimoine géologique à l'échelon national a été beaucoup moins rapide !

A l'initiative d'un certain nombre de régions ou de départements des inventaires ont été réalisés au cours des années 90 : Bretagne 1992, Midi-Pyrénées 1994, Rhône-Alpes 1995-2003, Nord Pas-de-Calais 1997, Massif-Central et Hérault 2000 etc. Mais, à cette époque aucune synthèse nationale n'a été initiée.
La région Bretagne s'est montrée pionnière dans cette démarche, la Société pour l'étude et la protection de la nature en Bretagne (SEPNB) en partenariat avec le BRGM a établi un protocole de création d'une base de données informatisée qui à terme recensait près de 116 géotopes (Jonin, 2002).
Il faut dire que le réseau associatif et universitaire a depuis longtemps, dans cette région, milité pour la défense du patrimoine naturel en général : en 1912, la réserve des Sept-îles a été créée afin de protéger le macareux moine. En 1966, des géologues de l'Université de Rennes sont

parvenus à faire protéger la discordance du Paléozoïque sur le Briovérien dans la carrière de la Marette, et en 1982, d'autres universitaires de Brest ont été à l'origine du classement de l'île de Groix en réserve naturelle. Le dynamisme breton ne faiblit pas puisque récemment, la Société Géologique et Minéralogique de Bretagne s'est rapprochée de l'échelon régional en réalisant avec la DIREN un inventaire des sites d'intérêt géologique en Bretagne et en concevant avec le Conseil régional une politique concertée dans le but de protéger les géotopes remarquables (Jonin, 2008).

A travers tout le territoire, le monde associatif multiplie les démarches qui progressivement propagent une meilleure connaissance du patrimoine géologique.
En 1997, l'Association des géologues du Bassin de Paris en partenariat avec le Muséum national d'Histoire naturelle inaugure les premières journées nationales du patrimoine géologique, qui accueillent 280 participants. L'année suivante, le Comité Français du Patrimoine Géologique est créé à l'initiative de François Frölich, géologue au Muséum national d'Histoire naturelle. Les secondes rencontres se tiennent à Lille à l'initiative de la Société Géologique du Nord en 1999 et les troisièmes à Brest, en 2002 à l'initiative de la Société Géologique et Minéralogique de Bretagne. Il faut ensuite attendre l'Année Internationale de la Terre pour que la Réserve géologique de Haute-Provence, d'où le mouvement est parti en 1991, accueille en 2008 la quatrième journée, avec plus de 350 participants de toute la France et de toutes les sphères institutionnelles (Cayla, 2009).

D'autres associations ont eu un rôle mobilisateur aux différentes échelles territoriales. Elles ont permis de mieux faire comprendre à tous l'importance de la protection et de la mise en valeur de ce patrimoine. Les diverses sociétés savantes, dont la section Géole de la Société Géologique de France ou l'Association Paléontologique Française qui a organisé des journées sur le thème de « la protection des sites paléontologiques » et possède grâce à son réseau de bénévoles, un système de surveillance des sites paléontologiques de l'hexagone. Mais aussi les associations liées à l'enseignement : Quartz – Site dans laquelle s'impliquent des enseignants du primaire et l'Association des Professeurs de Biologie-Géologie pour le niveau du secondaire.

La loi SRU du 27 Février 2002 a jeté les bases institutionnelles de l'inventaire national indispensable à la fédération de l'ensemble des initiatives prises de façon plus ou moins dispersées sur le territoire. L'article 109-III de la loi n° 2002-276 du 27 février 2002 relative à la démocratie de proximité institue dans chaque région un Conseil Scientifique Régional du Patrimoine Naturel. Le décret n° 2004-292 du 26 mars 2004 spécifie que les Commissions Scientifiques Régionales pour le Patrimoine Naturel (CSRPN) ont notamment la charge d'identifier la valeur scientifique des inventaires du patrimoine naturel lors de leur élaboration ou de leur mise à jour (De Wever, 2006).
L'article L.411-b du code de l'environnement modifié par la loi SRU précise que l'état est maître d'ouvrage de l'inventaire national, par l'intermédiaire du Muséum national d'Histoire naturelle, qui en confie la réalisation à la Conférence Permanente du Patrimoine Géologique (CPPG). Le Bureau de Recherche Géologique et Minière (BRGM) étant chargé de la création des outils informatiques (logiciels *GEOTOPE*, bases de données etc.) qui permettront de stocker et de diffuser l'information auprès du public.

Le lancement officiel de cet inventaire a été fait à Paris le 05 Avril 2007. Le site de l'inPG est en ligne à l'adresse suivante : http://inpn.mnhn.fr mais il n'est pas encore relié à la base de données toujours en cours de réalisation.

Malgré un départ laborieux dans les années 90, la communauté des amateurs soutenue par quelques scientifiques a réussi à mobiliser les pouvoirs publics afin que le patrimoine géologique soit pris en compte à part entière dans l'arsenal des politiques publiques. L'inventaire, en cours de réalisation, sera un outil important pour mobiliser ensuite les autorités politiques à l'échelle locale encore peu convaincues de l'intérêt de la préservation de ce patrimoine. L'ensemble de ces initiatives a permis la mise en place d'un réseau d'acteurs aux différentes échelles du territoire (Figure 1.23).

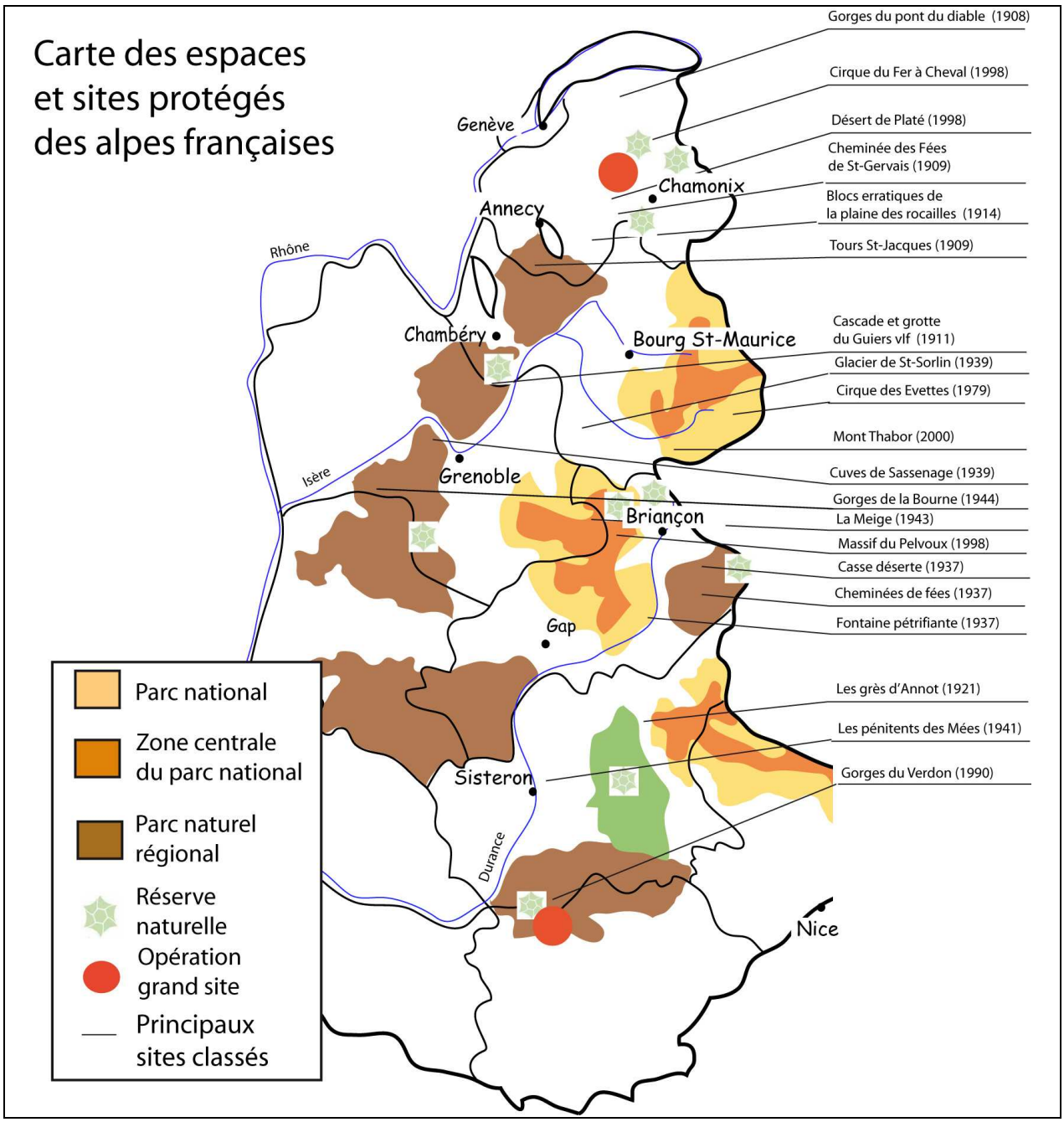
Echelon d'intervention	Acteurs				Instances et missions
	Les institutions		**Les collectivités territoriales**	**Le milieu associatif et les autres acteurs**	
National	Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement durable et de la Mer	Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche		Société géologique de France Réserve Naturelle de France Fédération Française des Amateur de Minéralogie et Paléontologie	Conférence permanente du patrimoine géologique Mettre en oeuvre l'inventaire national
	Muséum national d'Histoire naturelle	Bureau de Recherche Géologique et minière		Association Paléontologique française	
Régional	Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement		Conseils régionaux		Conseils scientifiques régionaux du patrimoine naturel (CSRPN) Valider les listes pour l'inventaire
Départemental			Conseils généraux		Impulser des politiques de valorisation
Local			Groupes d'actions locales (GAL)		Conduire les programmes LEADER

Figure 1.23 : Réseau des acteurs français œuvrant pour le patrimoine géologique.

3.3.3 La place du patrimoine géologique dans les Alpes françaises

Comme dans toute chaîne de montagne, le patrimoine géologique des Alpes françaises est riche et facilement accessible, grâce aux actions conjuguées des soulèvements et plissements à l'origine des reliefs mais également du fait du rôle de l'érosion qui a mis à nu le cœur de certaines structures rendant leur compréhension plus accessible. La géodiversité est donc particulièrement riche : sites paléontologiques, miniers et minéralogiques, stratigraphiques ou tectoniques, paysages remarquables, gorges, grottes et falaises sont autant de géotopes remarquables. Connus depuis toujours ou bien découverts lors de recherches récentes, ces sites font déjà, pour beaucoup d'entre eux, l'objet de différentes mesures de protection, soit qu'ils appartiennent à des aires protégées, soit qu'ils aient été retenus dans différents inventaires, à l'échelle départementale ou bien régionale.

La carte suivante présente une synthèse de ces différents systèmes de protection. Certains d'entre eux sont associés à une volonté de mise en valeur à destination du plus large public, d'autres ne connaissent pas encore cette évolution et ne relèvent encore que de la simple protection.



Carte 1.1 : Répartition des sites naturels protégés à thème géologiques dans las Alpes françaises.

3.3.4 Bilan

Depuis quelques années, de nombreuses initiatives voient le jour afin de mieux faire connaître le patrimoine géologique français. La création de la Conférence Permanente du Patrimoine Géologique a été un levier institutionnel important. Elle est à l'origine de la démarche d'inventaire entreprise par le Ministère de l'Environnement et du Développement Durable et confiée au Muséum national d'Histoire naturelle.

Aux échelons décentralisés de l'Etat, un certain nombre de Conseils Régionaux et Généraux ont joué un rôle moteur comme ceux des régions Nord ou Bretagne ou bien celui du département de la Vendée.

Les programmes scolaires intégrant la géologie dès le plus jeune âge et tout au long de la scolarité, ce qui est loin d'être le cas dans les autres pays étudiés, nécessitent l'adaptation de sites de terrain pour y accueillir dans une perspective pédagogique ce public captif. Ainsi, de

nombreux espaces protégés (Parcs nationaux, Parc naturels régionaux, Réserves naturelles) ont développé des outils pédagogiques mais aussi de sensibilisation sur le thème de la géologie, assurant ainsi une meilleure diffusion de cette discipline auprès du plus grand nombre.

Malgré ces apprentissages, il reste encore beaucoup à faire. Ainsi, les élus locaux sont encore fort peu nombreux a être suffisamment attentifs à cette branche du patrimoine, comme en témoigne le faible nombre, deux seulement, de territoires labellisés géoparcs. Cependant, les choses évoluent rapidement et l'on peut constater depuis quelques années une prolifération des expériences de valorisation, démarches de projet à l'initiative d'acteurs extrêmement variés.

3.4. L'Italie : la protection du patrimoine géologique au service du géotourisme

3.4.1. Une législation qui progressivement intègre les géosites

Dès le Moyen-Âge, les Italiens ont profondément transformé leur environnement. Ainsi, dans la vallée du Pô, qui couvre une grande partie du nord du pays, les terres ont été drainées, asséchées puis irriguées afin d'en faire l'une des zones agricoles parmi les plus productives d'Europe. Face à cette artificialisation des paysages, l'identité culturelle du pays s'est plutôt construite autour de ses cités et de cet urbanisme harmonieux qui les caractérise, loin de ce wilderness si cher aux peuples germaniques ou anglophones dont la littérature s'inspire des vastes forêts et des landes sauvages. Pourtant, au début du XXe siècle, le développement industriel et l'expansion urbaine commencent à menacer certains paysages célèbres d'Italie. Les réactions face aux transformations de la société se cristallisent alors autour de la défense de la forêt de pin de Ravenne où l'on s'accorde à situer le paradis terrestre évoqué par Dante. Cette cité, au bord de l'Adriatique, est en pleine expansion et les promoteurs souhaitent remplacer la forêt par de nouveaux habitats.

Une prise de conscience de la nécessité de protéger l'environnement va voir le jour, soutenue par un cadre associatif qui se met en place au tournant de ce XXe siècle. Parmi les associations qui seront les plus actives on peut citer : le Club Alpin Italien fondé par Quintino Sella en 1863, le Touring Club Italien créé en 1894 et Pro Montibus, association naturaliste qui voit le jour en 1903 (Sievert J., 2000).

Le Florentin, Giovanni Rosadi (1863-1925), est le rapporteur du projet de loi sur : « *l'inaliénabilité des antiquités et des belles choses* » qui sera adopté en 1909 (Loi du 20 juin 1909 n. 364). Cette toute première loi n'assure la protection des monuments naturels que s'ils sont en relation avec des faits historiques ou artistiques. Ainsi les collines morainiques de la rive sud du Lac de Garde se verront protégées car elles ont été le lieu de la bataille de Custoza qui opposa l'empire autrichien au royaume de Sardaigne du 23 au 25 juillet 1848.

L'ambition de Rosadi ne s'arrête pas à la protection du patrimoine lié à l'histoire ou l'art de son pays, il souhaiterait voir prises en compte les beautés naturelles pour leur valeur intrinsèque. Mais l'opposition est farouche. Le 13 mai 1910, il va tenir un discours enflammé à la chambre des députés « *Perché mi scerpi ? Non hai tu spirito di pietade alcuno ? » Pourquoi me détruire ? N'avez-vous aucun esprit de miséricorde ?… Des voix s'élèveront de partout pour reprocher aux hommes leurs actes*. C'est ainsi qu'il tente d'emporter l'adhésion des élus du peuple, mais l'expansion industrielle a besoin d'énergie hydraulique et une extension de la loi pourrait entraver son développement en lui interdisant l'utilisation de certains cours d'eau.

Un premier jalon sera posé par le vote de la loi du 11 juin 1912 (n. 688) qui permet d'étendre la loi de 1909 à la protection des parcs et jardins d'intérêt historico-artistique, mais pas au-delà (Ceruti, 2006).

Il faut attendre une dizaine d'années et le travail influent de Benedetto Croce (1866- 1952), ministre de l'Instruction publique, pour que les beautés naturelles soient enfin protégées par la loi du 23 juin 1922 (n. 788) qui introduit dans la préservation des biens nationaux des critères esthético-récréatifs et la notion de paysage.

A la fin de cette même année, Mussolini prend le pouvoir. Le régime fasciste veut protéger et valoriser les richesses naturelles qui font la beauté de l'Italie.

Il met immédiatement en pratique cette nouvelle loi et instaure en 1922 le parc du Grand Paradis (R.D. 13 Décembre 1922, n° 1584), et celui des Abruzzes l'année suivante (R.D. 11 juin 1923, n° 778). Ces deux premières créations sont emblématiques des deux grands courants de défense de la nature qui marquent à cette époque l'histoire de la protection en Italie. Dans le cas du Grand Paradis, ce sont avant tout les milieux scientifiques qui ont mis en avant les richesses faunistiques et floristiques de ce territoire ; dans le second cas, le mouvement qui l'a

emporté mettait en avant le développement touristique et donc économique que les Abruzzes pourraient tirer de la création du parc national (Sipari, 2006).
Puis vint la création du parc de Circeo en 1934 et celui de Stelvio en 1935. Dans ce dernier cas, l'objectif relève plus de l'entretien du nationalisme italien, puisque le parc du Stelvio est marqué par les combats frontaliers qui s'y déroulèrent lors de la Grande Guerre (Silvestri, 2004).

Deux lois seront importantes dans les années 1930 :
La loi du 1er juin 1939 (n. 1089) ou « loi Bottai », du nom du ministre de l'éducation Giuseppe Bottai (1895-1959) qui en est l'instigateur, sur la protection des choses d'intérêt artistique et historique qui dans son article 1 prend en compte : « Le cose immobili e mobili, che presentano interesse artistico, storico, archeologico o etnografico, compresi le cose che interessano la paleontologia, la preistoria e le primitive civilità ». Voici donc citées pour la première fois les choses qui intéressent la paléontologie, la préhistoire et les civilisations primitives comme dignes de protection.
Dans l'annexe 1 de la loi, les objets tels que les gisements en grotte ou sous abris sous roche contenant des restes de macrofossiles de vertébrés font l'objet d'attention particulière (Leginio et al, 2005).
La loi du 29 juin 1939 (n. 1497) « Protezione delle bellezze naturali » sur la protection des beautés de la nature. Si l'approche esthétique est toujours importante dans cette loi, on voit y apparaître pour la première fois les objets géologiques qui dans leurs singularités peuvent être pris en compte et protégés : « Art. 1 : Le cose immobili che hanno cospicui caratteri di bellezza naturale o di singolarità geologica » (Les choses immobiles qui ont des cospicui caractères de beauté naturelle ou de singularités géologiques) .
Le Regio Decreto du 03 juin 1940 n.1357 (art.9) précise que « la singolarità geologica è determinata segnatamente dal suo interesse scientifico » (la singularité géologique est déterminée notamment par son intérêt scientifique).
Ces deux lois restèrent en vigueur jusqu'au texte unique DLgs 490 de 1999.
En plein régime fasciste, la notion de biens communs du pays est réaffirmée dans le Code civil RD du 16 mars 1942 (n. 262) qui liste : les fleuves, torrents et lacs, les immeubles reconnus d'intérêt historique, archéologique ou artistique, les collections des musées, les mines, les carrières et les tourbières.

La nouvelle constitution de 1948, bien que n'abordant pas la protection de l'environnement directement, précise, dans son article 9 paragraphe 2 que la protection du paysage est un principe fondamental de l'Etat. Toutefois, la notion de paysage n'a pas encore atteint une vision scientifique, et les associations non gouvernementales vont encore une fois jouer un rôle important afin d'en étendre et d'en préciser la définition.
Dans le même temps, cette constitution délègue aux régions les compétences en matière de gestion territoriale.
Dans les années 70, les régions ont la compétence en matière urbanistique, agricole et forestière. Quant à l'état, il conserve ses compétences en matière de défense du sol, de la protection de l'environnement et des parcs nationaux.

La loi Galasso du 8 août 1985 (n. 431) soumet à protection, 11 types de biens environnementaux en particulier :

- les montagnes au-dessus de 1.600 m dans les Alpes et de 1.200 m dans la chaîne des Apennins et les îles
- les glaciers, zones glaciaires
- les tourbières inclues dans le décret du président de la république du 13 Mars 1976 (n 48).

La loi du 8 juillet 1986 (n. 349) institue le Ministère de l'Environnement. En quelques années, ce sont alors 6 parcs nationaux qui voient le jour.

La loi cadre sur les aires protégées voit le jour le 6 décembre 1991(n. 394).
Elle prend en compte, dans son article 1 alinéa 2
Art. 2 : « Ai fini della presente legge costituiscono il patrimonio naturale le formazioni fisiche, geologiche, geomorfologiche e biologiche, o gruppi di esse, che hanno rilevante valore naturalistico e ambientale » (La conservation des espèces animales et végétales, des prairies et des associations forestières, des singularités géologiques, des formations paléontologiques, des biotopes, des paysages et des panoramas, des processus naturels, de l'eau et de l'équilibre hydro-géologique et enfin des l'équilibre des écosystèmes).
Elle définit les 6 types d'aires protégées en Italie.
Plus de 10 ans après la promulgation de la loi 394/1991, le système de la conservation de l'environnement en Italie est constitué de 23 parcs nationaux, de 138 parcs régionaux, 24 réserves marines d'état, 146 réserves naturelles d'état, 371 réserves naturelles régionales et 433 autres types d'aires protégées locales, soit une surface protégée qui dépasse l'objectif des 10% fixés à l'origine (source : http://www.parks.it - 2008).

Dans la nouvelle constitution de 2001, l'article 117 rend l'état responsable de la protection de l'environnement, des écosystèmes et des structures culturelles.
Le Ministère de l'Environnement et de la protection du territoire et de la mer s'appuie, depuis 2008, sur les travaux d'un institut : l'ISPRA : Institut Supérieur pour la Protection et la Recherche sur l'Environnement, anciennement APAT (Agence pour la protection et les services techniques). L'un des projets pilotés par cet institut s'intéresse à la protection du patrimoine géologique. Il se subdivise en trois sous-projets : l'inventaire national des géosites, le soutien à la création de géoparcs ainsi que le projet d'un réseau de géoparc miniers en Italie.

L'histoire de la protection du patrimoine naturel est très tôt marquée, en Italie, par la volonté de le valoriser par un développement parallèle du tourisme de nature. Ce constat est certainement lié en partie à l'investissement du Touring Club Italien dans ce combat au début du XXe siècle. Cela va se vérifier dans la montée en puissance de la reconnaissance du patrimoine géologique, qui très vite va être à l'origine d'une nouvelle offre touristique associant culture, éducation et géologie.

3.4.2. Le patrimoine géologique au carrefour de différentes attentes

Depuis quelques années, parallèlement à la mise en place de l'arsenal législatif qui vient d'être évoqué, capable de protéger le patrimoine naturel et au sein de celui-ci le patrimoine géologique, l'Italie a très tôt engagé une réflexion autour de l'inventaire nécessaire à la sélection des sites dignes d'intérêt.

La SIGEA (Société Italienne de Géologie et d'Environnement) a tenu une première réunion a Rome en 1996 dans le but de développer la prise en compte des géosites et la protection du patrimoine géologique. Depuis, elle organise régulièrement ce type de manifestation afin de répandre cette notion de patrimoine géologique. La dernière en date s'est tenue en octobre 2008 à Piacenza et abordait le thème de la géoconservation et de la valorisation du patrimoine géologique.

A la suite de la réunion de l'ONG Progeo qui s'est tenue à Gênes en 1998, la nécessité de la création d'une base de données recensant les géosites au niveau national a vu le jour. En 2000, le service géologique national a alors lancé un projet : « Conservation du patrimoine géologique italien », qui avait pour objectif d'organiser l'information concernant les géosites et de

promouvoir le recensement au niveau national. L'Université de Gènes (département POLIS dirigé par Gerardo Brancucci) a été chargée de la mise en place du système d'information géographique (D'Andrea et al, 2001).
La Ligurie a servi de zone pilote pour cet inventaire dans le cadre d'un projet ECOZERO développé dans l'action 5.3 « Développement du contrôle environnemental et des banques de données régionales », mené par l'agence régionale de la protection de l'environnement Ligure (ARPAL).
En 2000, lors de la création de l'Agence pour la protection de l'environnement et des services techniques (APAT), sous tutelle du Ministère de l'Environnement, le service de protection du patrimoine géologique du département Défense du sol a repris le projet toujours en partenariat avec le département Polis auquel se sont associés le département des sciences de la Terre de l'Université de Modène, le Musée d'histoire naturelle de Florence, l'agence des parcs de la région Lazio et la société spéléologique italienne.
L'inventaire a été finalisé et une carte a pu être présentée lors du Congrès international de géologie de Florence en 2004. Elle présentait 3.700 géosites.
Le centre de documentation geositi est actuellement accessible via le web (http://www.geomorfolab.it/pagine/cerca_geo_no_db.php), mais l'accès aux bases de données nécessite un mot de passe.
Le site institutionnel de l'ISPRA (qui remplace l'APAT depuis 2008) présente les résultats quantitatifs de cet inventaire :

Région	**Nbre de géosites**	**Superficie**	**Répartition/km^2**	**Nbre de géosites dans des aires protégées**	**Nbre de géosites protégés par la Loi L.1497 :39**
Abruzze	102	10830	0,0094	65	83
Basilicate	8	10073	0,0008	1	3
Calabre	34	15223	0,0022	7	4
Campanie	39	13670	0,0029	34	37
Emilie Romagne	134	22186	0,0060	41	40
Frioul–Vénétie-Julienne	**14**	**7860**	**0,0018**	**2**	**0**
Latium	403	17228	0,0234	59	147
Lombardie	**131**	**23863**	**0,0055**	**27**	**26**
Ligurie	**339**	**5407**	**0,0627**	**44**	**173**
Marches	361	9732	0,0371	96	179
Molise	4	4461	0,0009	1	3
Piémont	**19**	**25390**	**0,0007**	**6**	**7**
Pouilles	10	19539	0,0005	7	3
Sardaigne	231	24087	0,0096	21	28
Sicile	208	25883	0,0081	31	65
Toscane	51	22987	0,0022	37	13
Trentin Haut-Adige	**114**	**13602**	**0,0084**	**29**	**78**
Ombrie	40	84602	0,0005	12	9
Val d'Aoste	**1**	**3261**	**0,0003**	**0**	**0**
Vénétie	**16**	**18424**	**0,0009**	**8**	**4**
Total	2259				

Tableau 1.6 : Tableau d'analyse statistique de l'inventaire du patrimoine géologique italien (Source ISPRA – en gras, régions des Alpes italiennes).

Parallèlement à ce travail, ce même organisme a édité en 2005 un important rapport, « Patrimonio geologico et geodiversità », qui témoignait de l'ensemble des initiatives prises à travers le pays afin de protéger et de mettre en valeur le patrimoine géologique. Il soutient de plus activement le développement du réseau *European Geoparks*. L'Italie possède d'ailleurs 4 géoparcs : le géoparc Madonie en Sicile, le parc géominéral de Sardaigne, le géoparc de la Beigua et depuis l'été 2008, le géoparc Adamello-Brenta.

Récemment, un projet de niveau national a vu le jour en partenariat avec l'Association Feder culture. Cette fondation a été crée en 1997 afin de soutenir les projets privés et publics liés à la culture, au tourisme et au temps libre. Le projet « Parchi geominerari » a pour but d'établir des lignes directrices pour la protection, la gestion et la valorisation des mines et parcs géo-miniers dans un objectif culturel, didactique et touristique.

Huit partenaires, sites miniers à vocation touristique sont associés au projet à travers toute l'Italie (Figure 1.24).

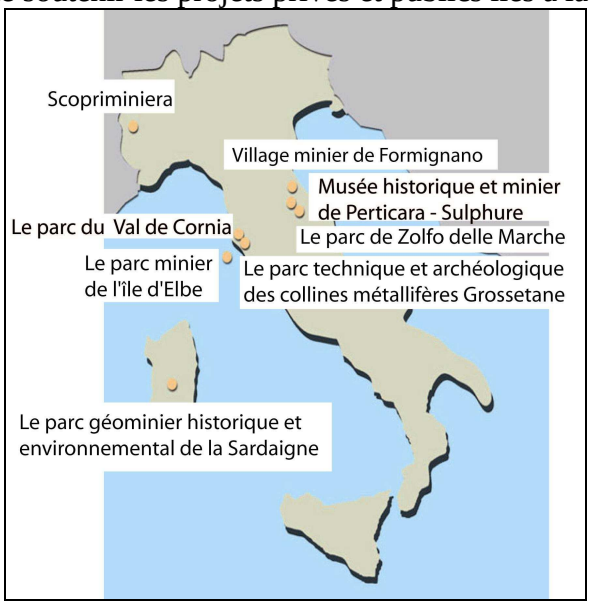


Figure 1.24 : Carte de répartition des acteurs du réseau « Parchi geominerari ».

Depuis 1996, de nombreuses initiatives prises tant au niveau de l'état que des institutions de recherche ou du milieu associatif ont permis : la création de l'inventaire des géosites du pays, la diffusion de la notion de patrimoine géologique auprès des élus, des décideurs…et enfin la multiplication des réalisations qui lient le tourisme à la géologie. L'autonomie des régions fait que cette diffusion a été plus ou moins efficace suivant les relais existants. L'étude comparée des sept régions des Alpes italiennes permet de souligner les différences qui existent encore.

3.4.3. Diversité des pratiques dans les différentes régions des alpes italiennes.

Depuis la réforme de la constitution de 2001, l'autonomie laissée aux régions en matière d'environnement et de tourisme explique une certaine hétérogénéité dans les réalisations qui vont être présentées maintenant. Suivant la sensibilité environnementale et l'importance des zones de montagne sur le territoire, la mise en place des politiques de protection de l'environnement et du patrimoine géologique ainsi que le développement de projets de valorisation… présentent des niveaux de réalisations variables.

Seules les régions appartenant au territoire d'étude sont prises en compte dans ce qui suit (Leginio et al, 2005).

3.4.3.1 Le Frioul-Vénétie- Julienne

La loi régionale du 1 septembre 1966, n. 27 introduit le patrimoine spéléologique dans les objets à protéger.

Dans cette région, un cadastre des cavités karstiques avait commencé à être établi au XIXe siècle par la commission des grottes de la Société Alpine des Alpes Juliennes.

Il comportait 22 grottes en 1892, 250 en 1900 et 430 en 1915. Devenu cadastre officiel de la région Vénétie Julienne après la première guerre mondiale, il s'enrichit progressivement au fil du temps.

En 1966, la région décida, dans le cadre de l'intégration de la loi de 1939 sur la protection du patrimoine naturel, de mettre en place une protection particulière pour le patrimoine

souterrain, dont la reprise du cadastre et sa mise à disposition du public étaient un élément important. La société alpine régionale ainsi que la section du Club Alpin Italien de Trieste sont en charge de ce cadastre (Figure 1.25).

Figure 1.25 : Le cadastre des grottes de la région Frioul, Vénétie, Julienne (http://www.catastogrotte.it).

En 2007, l'administration régionale a passé une convention avec l'Université de Trieste et en particulier le Département des Sciences géologiques, environnementales et marines pour la création de l'inventaire des géosites régionaux et leur mise en valeur.

Cette région a investi le champ du patrimoine géologique par le patrimoine karstique mais elle tente, actuellement, de rattraper son retard dans la reconnaissance des autres types de géosites.

3.4.3.2 La Ligurie

Une première loi en 1977 porte sur la mise en place du réseau d'espaces protégés (L.R. 12 septembre 1966, n.27). Elle est suivie d'une loi s'intéressant spécifiquement à la protection du patrimoine karstique (L.R. 3 avril 1990 n.14) qui recouvre plus de 6 % du territoire.

En 1995, une loi réorganise le système des espaces protégés régionaux (L.R. 22 février 1995) en y incluant de façon plus importante le patrimoine géologique. Elle va permettre la création du parc naturel régional de la Beigua en 2001. Ce parc intégrera le réseau des géoparcs européen en 2005.

Enfin, au tournant du siècle, deux lois vont préciser comment le patrimoine géologique doit être pris en compte dans les documents d'urbanisme au différentes échelles territoriales. (L.R. 4 septembre 1997 et L.R. 21 juin 1999).

La Ligurie a présenté plus de 300 sites à l'inventaire national, soit la plus forte densité du territoire italien. Le géoparc de la Beigua est une action phare montrant l'intérêt que porte cette région à ce patrimoine.

3.4.3.3 La Lombardie

Dès 1973, la Lombardie vote une première loi de protection de l'environnement (L.R.17 décembre 1973 n.58). Celle-ci institue des réserves naturelles limitées à des sites abritant un objet d'intérêt majeur. Elle prévoit aussi des mesures de sauvegarde sur la récolte de minéraux, de roches ou l'ouverture de mines et de carrières.

Peu après, en 1977,(L.R. 27 juillet 1977 n.33), une seconde loi protège sur le même plan les biotopes et les géotopes. Elle donne une définition de ces géotopes et précise : « *geomorphologiche, paleontologiche, mineralogiche […] le zone con fenomeni carsiche e le zone umide* » (géomorphologiques, paléontologiques, minéralogiques et karstiques).

La loi du 30 novembre 1983 introduit les réserves naturelles créées dans un but de protection du patrimoine géologique. Elle fut à l'origine du premier inventaire des géotopes et a défini huit monuments naturels dignes d'intérêt en Lombardie : la pyramide de Zone (Brescia), le complexe morainique de Castellaro lagusello (Mantova), les marmites de géants (Sondrio), la masse d'arènes roses du Permien (Brescia), le Sasso de Preguda (Come), la cascade Fraggia (Sondrio) et l'amphithéâtre morainique de Garde.

L'ensemble de ces instruments législatifs a permis la mise en place d'un important réseau d'aires naturelles protégées puisqu'il comporte dans cette région : 22 parcs régionaux, 60 réserves, 18 monuments naturels et le parc national du Stelvio, soit 69.388,63 ha qui représentent environ 22 % du Territoire(source ARPA, 2002).

Le plan territorial de coordination provinciale (PTCP) adopté en 2002 intègre dans l'ensemble de la planification territoriale la prise en compte des géosites inventoriés dans les différentes provinces. Dans cet objectif, la province de Milan dont le PTCP a été adopté en 2003 a mis sous protection 3 géosites : les moraines de Camparada, le Sasso di Guidino, et Forra dell'Adda à Porto d'Adda.

L'administration régionale est particulièrement active en Lombardie. La direction en charge de l'environnement travaille étroitement avec la direction en charge du territoire sur des programmes d'inventaire, de protection mais aussi des projets de mise en valeur du patrimoine géologique.
La province a déclaré 264 géosites à l'inventaire national qui en compte actuellement 3.700. Elle mène des actions sur 56 d'entre eux.
Ainsi, la province de Sondrio vient d'éditer un fascicule « I geositi della provincia di Sondrio » qui inventorie 44 géosites, lequels devront être pris en compte lors de la prochaine approbation du PTCP.
La Lombardie est particulièrement dynamique dans la diffusion du concept de patrimoine géologique et de géotourisme.

3.4.3.4 Le Piémont

Dans cette région, plusieurs lois interviennent dans la protection du patrimoine géologique :

- la loi de protection du patrimoine spéléologique de la Région Piémont (LR 30 mai 1980 n.68) qui intègre le patrimoine karstique de façon pleine et entière au patrimoine régional à protéger.
- la loi sur les nouvelles normes concernant les aires protégées (LR 22 mars 1990 n.12) qui propose que des réserves naturelles spéciales soient créées pour la conservation d'éléments biologique, biologico-forestier, botanique, zoologique, géologique, archéologique et ethnographiques (art. 5, point 2)
- la loi concernant la protection des biotopes qui intègre la notion de géotopes d'intérêt géomorphologique, géologique et minéralogique (L.R.3 avril 1995).

La région Piémont participe au projet Geominerari par l'intermédiaire du site touristique minier Scopriminiera. Elle est partie prenante dans plusieurs projets projet INTERREG IIIA : « I monti nati dal Mare (Les monts nés de la mer) » avec la France et « Storia e natura senza confini (Histoire et nature sans frontières) » avec la Suisse. La province de Turin a publié en 2004 un ouvrage : « I geositi nel paesaggio della Provincia di Torino » mettant particulièrement en valeur l'amphithéâtre morainique d'Ivrée. Enfin, la région a signé un partenariat avec l'association des groupes spéléologiques piémontais afin que tous les enfants puissent au cours de leur scolarité découvrir le patrimoine souterrain. Ces quelques exemples montrent combien cette province a investi le champ du patrimoine géologique et de sa mise en valeur auprès de tous les publics.

3.4.3.5 Le Trentin –Haut-Adige

La loi du 31 Octobre 1983 n37 prévoit la protection du patrimoine minéralogique, paléontologique, palethnologique, spéléologique et karstique dans son article 1.
Dans cette région, c'est un étroit travail de collaboration entre le Musée d'histoire naturelle de Trente et l'administration régionale qui a permis de lister 110 sites d'intérêt géologique, dont une partie est mise en valeur sur le site Internet du service géologique régional avec une cartographie ainsi que différents documents qui illustrent les principaux sites dont une collection d'ouvrages : les quaderni dei geositi, dont le premier numéro a été consacré aux traces de dinosaures des Lavini di Marco.
Le Trentin, région autonome, a réalisé son propre inventaire des géosites remarquables disponible sur le site du service géologique régional (Figure 1.26).

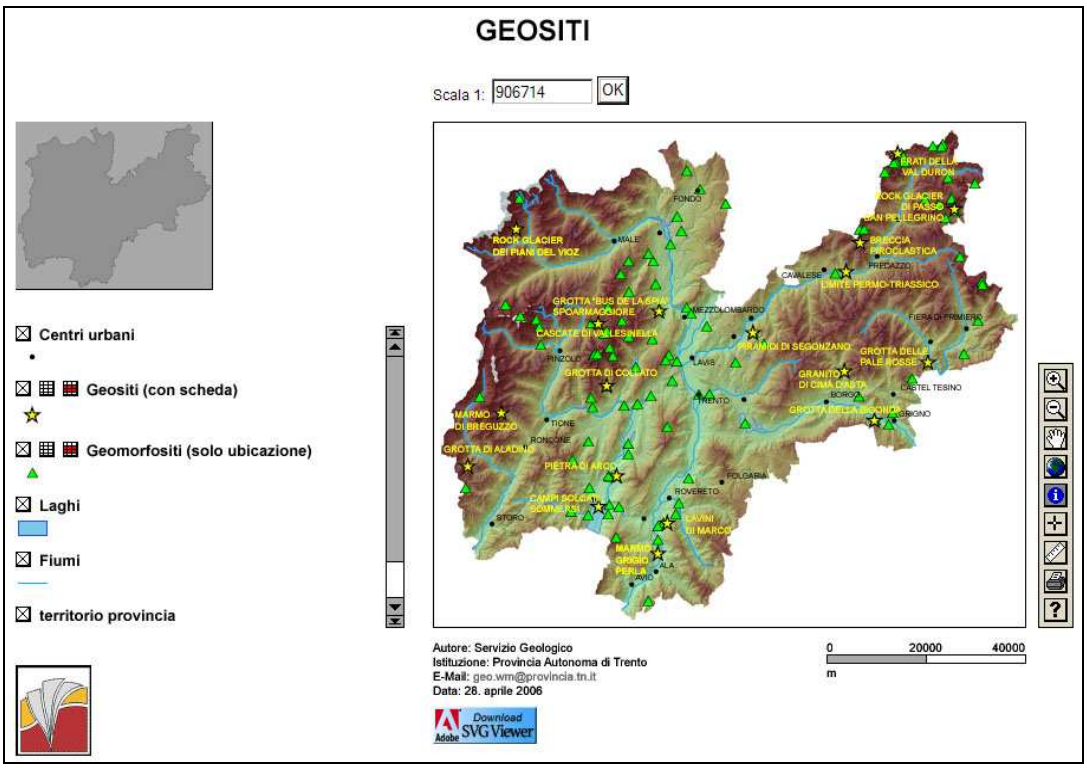


Figure 1.26 : Liste des géosites proposés sur le site Internet du service géologique régional (source :http://www.protezionecivile.tn.it/geologico/pages/Geositi/mapview/index.html).

3.4.3.6 Le Val d'Aoste

Cette région a obtenu son autonomie en 1948. Ce statut particulier lui permet une grande liberté d'action.
La loi concernant les aires naturelles protégées (LR 30 Juillet 1991 n.30) intègre la sauvegarde des biotopes mais également des formations géologiques, géomorphologiques et spéléologiques relevant de valeurs historiques, scientifiques et culturelles.
Le plan territorial paysager, mis en place par la constitution de 1948, a été adopté en 1998 (L.R. 10 Avril 1998 n.13). Il apporte une attention spécifique à la protection des paysages sensibles (art.30) et en particulier : les glaciers et cirques glaciaires, les cordons morainiques, les crêtes, les pics isolés, les cols et les grandes parois rocheuses. Il est à l'origine des nombreuses initiatives qui, à l'échelle de la région et de ses différents provinces, ont mis en valeur le patrimoine géologique pour le plus large public. Ainsi, l'administration régionale propose sur son site Internet un dossier qui présente les principaux géosites, actuellement une dizaine, tous relevant de la géomorphologie.

3.4.5.7 La Vénétie :

Après une première loi sur la gestion du territoire votée le 25 juin 1985 n.61, le plan territorial provincial a été adopté en prenant en compte le patrimoine géologique et géomorphologique.
Poursuivant l'inventaire national, la région a listé 40 géosites à protéger et valoriser.

3.4.4 Bilan

Au cours de ces dernières décennies, les institutions officielles italiennes ont impulsé de nombreuses initiatives en matière de protection et de valorisation du patrimoine géologique, l'inventaire national présenté au Congrès géologique international de Florence en marquant une

étape importante. Cette implication au plus haut niveau a permis la mobilisation de nombreux acteurs sur le terrain et la sensibilisation des élus aux différents échelons territoriaux. Ce champ est investi par de nombreuses parties prenantes, d'où la diversité des projets réalisés ou en cours de réalisation qui vont de travaux très formels associant des universitaires ou des services géologiques régionaux à des initiatives originales portées par des réseaux associatifs ou locaux, qui vont développer des outils de promotion de ce patrimoine en relation avec d'autres éléments de la culture : la littérature, la musique ou la gastronomie. Le patrimoine karstique fait l'objet d'attention, particulièrement en raison de l'important travail réalisé par les différentes associations spéléologiques. Les Italiens participent activement à de nombreux projets européens, LEADER ou INTERREG, profitant ainsi de financements qui permettent de mailler leur territoire de réalisations de qualité.

3.5 La Slovénie : un pays où domine avant tout le patrimoine karstique

Aux carrefours d'unités géotectoniques et biogéographique majeures, ce petit pays de 20.273 km^2 est riche d'une biodiversité et d'une géodiversité remarquable. L'histoire complexe de la Slovénie au cours du siècle dernier a conduit à une prise en compte lente mais néanmoins progressive de la protection de l'environnement. La naissance du parc national du Triglav illustre les différents rebondissements de cette évolution. En 1908, sous la monarchie austro-hongroise, le professeur de chimie fondateur de l'observatoire séismique de Ljubljana, Albin Belar (1864-1939), propose une première mise sous protection ; mais le projet n'aboutit pas. En 1920, treize personnalités appartenant à la section spéciale pour la protection de la nature de la société du Muséum de Slovénie soumettent un texte fondateur aux autorités, dans lequel est suggéré la création de parcs destinés à la protection des milieux naturels. En 1924, le premier « parc alpin de conservation » voit ainsi le jour. Sa gestion est attribuée, par un bail de 20 ans, à la section de conservation de la nature de la Société du musée de Ljubljana ainsi qu'au Club Alpin Slovène et à l'administration forestière. A l'échéance du bail, vingt ans plus tard, la seconde guerre mondiale éclate, remettant à plus tard les décisions concernant ce que certains appellent déjà le parc national du Triglav. Il faut ensuite attendre 1961 pour que la République fédérale socialiste de Yougoslavie établisse le décret de création du parc (Gauchon, 2008).

3.5.1 Des lois mais une administration et des financements limités

Une première loi est adoptée le 19 février 1921 par l'autorité régionale de Slovénie du Royaume des Serbes, Croates et Slovènes : la loi de régulation de la protection des espèces animales et végétales rares ou endémiques à la Slovénie, avec une mention particulière pour la protection du milieu karstique. A cette occasion, la gestion des cavités passe à l'autorité régionale.
En 1945, un texte fondateur légifère sur le patrimoine naturel et culturel et installe dans chaque république fédérale ce qui deviendra les Instituts pour la protection des patrimoines naturels et culturels. Sept instituts seront alors créés. Ils ont pour mission de désigner puis de suivre les sites désignés par la loi.
En 1970, une loi sur la protection de la nature puis en 1981 une loi sur le patrimoine naturel et culturel sont successivement établies (Duval, 2007).

Le 26 juin 1991, la Slovénie se déclare indépendante. Elle adopte sa constitution le 23 décembre 1991. Celle-ci comporte certaines dispositions concernant la protection de l'environnement. L'État est responsable de la préservation de la nature et d'un environnement sain. Tout citoyen est quant à lui tenu de protéger la nature. La propriété privée se voit accorder, outre une fonction sociale et économique, une fonction écologique.
En juin 1993, l'Environmental Protection Act (EPA) est adopté. Ce texte qui comporte 112 articles pose les bases d'une gestion intégrée et durable de l'environnement en Slovénie. Deux instituts sont maintenus dans chaque région, l'un chargé de la protection de la nature et l'autre de la protection de l'environnement. En 1994, la protection de la nature est transférée du Ministère de la Culture à celui de l'Environnement.

En 1999 est adoptée la loi pour la conservation de la nature, qui cite pour la première fois le patrimoine géologique en tant que tel dans son article 4 qui précise les champs de définition des éléments de valeur naturelle (Valuable natural features) :
« (3) *Valuable natural features referred to in the preceding paragraph shall be in particular geological phenomena; minerals and fossils and mineral and fossil sites; surface and subsurface karst features; caves; gorges and other geomorphological phenomena; glaciers and glacial forms; springs; waterfalls; rapids; lakes; bogs; brooks and rivers with banks; sea-*

shore; plant and animal species and exceptional specimens and habitats thereof; ecosystems; landscape; and designed landscape".
Cette loi instaure une protection intégrée du patrimoine tant *in situ* qu'*ex-situ*. Ainsi, les minéraux et fossiles sont la propriété de l'Etat mais si leur conservation dans la nature n'est pas garantie, leur prélèvement vers des lieux où leur conservation sera assurée est décidé.

Au niveau national, la protection de l'environnement est assurée par le Ministère de l'Environnement et de la Planification spatiale, dont les 20 employés en 2007 doivent faire appliquer les lois votées par le gouvernement. L'Agence pour l'Environnement (Agencija Republike Slovenije za okolje) a un rôle administratif, de contrôle et de respect des procédures. Elle emploie 17 personnes. L'Institut pour la conservation de la nature (Zavod Republike Slovenije za varstvo narave) collecte les données relatives à l'environnement, programme la mise en place du réseau Natura 2000 et met en place des plans de gestion. 70 personnes y sont employées, dont seulement 6 géologues. Cette énumération montre combien les moyens matériels sont limités, l'accent étant fortement mis sur la protection de la biodiversité.

Dans le cadre du programme PHARE, la Slovénie a reçu entre juillet 1992 et 1996 inclus 91 millions d'écus au titre du soutien du processus de transition économique. Au cours de la période jusqu'à 1997 inclus, 4 millions d'écus du programme PHARE ont été affectés au financement de programmes environnementaux. Depuis 1995, le soutien a revêtu la forme d'une aide technique et logistique, par exemple dans la mise en place du Fonds de développement de l'environnement et du programme d'action concernant l'environnement.

3.5.2 Un patrimoine géologique où le karst domine

L'ensemble des mesures accorde un intérêt tout particulier à la protection du patrimoine karstique. Dès 1903, le chercheur Viljem Putik milite pour la protection des spéléothèmes dont il déplore déjà le pillage. Le mémorandum de 1920 propose un premier inventaire des richesses naturelles du pays, dans lequel sont listées trois régions alpines, neuf réserves naturelles, tous les arbres remarquables ainsi que les espèces vivantes en péril mais surtout l'ensemble des grottes du pays. Au cours du siècle, la liste des sites protégés s'allonge, incluant toujours un nombre important de sites karstiques en raison de leur intérêt géologique mais aussi de la biodiversité qu'ils abritent. En 1999, l'adoption de l'Acte pour la Conservation de la Nature s'accompagne d'un inventaire référencé dans un système d'information géographique. Il recense 6.519 sites dont 32,09 % d'importance nationale et 67,91 % d'importance locale (Tableau 1.7). 8.382 grottes sont aussi répertoriées mais dans un inventaire spécifique.

Type de patrimoine naturel	**Nbre de site d'importance locale**	**Nbre de sites d'importance nationale**
Géomorphologique	928	760
Géomorphologie souterraine	33	188
Géologique	293	393
Hydrologique	1101	722
Botanique	288	426
Zoologique	157	303
Ecosystème	785	413
Arbres	2158	434
Artificiel	101	11

Tableau 1.7 : Répartition typologique des patrimoines naturels (source : Hlad, 2009).

Sur les 9.494 sites naturels répertoriés, 46, 53 % relèvent du patrimoine géologique, sans compter les géosites karstiques. Parmi ceux-ci, 115 monuments géomorphologiques naturels et 102 hydrologiques sont protégés par des dispositions spéciales (Hlad, 2009).

3.5.3 Bilan

L'histoire complexe de la Slovénie au cours du XXe siècle explique en partie la difficulté de retracer les étapes de la prise en compte du patrimoine naturel puis géologique dans ce pays. L'industrialisation s'étant concentrée, dans le pays, en quelques points névralgiques, le patrimoine naturel est ainsi resté sans avoir à subir une forte pression anthropique et donc sans nécessité de mesures drastiques de protection. Le Parc national du Triglav a longtemps mobilisé les énergies pour sa protection et le patrimoine karstique a été le premier a être inventorié et protégé par la législation slovène.

3.6 La Suisse : des autorités fédérales réticentes à suivre la communauté scientifique

3.6.1 Une législation qui prend avant tout en compte les paysages

En Suisse, tout comme en France ou en Allemagne, les mouvements de protection de l'environnement sont nés au XIXe siècle d'une réaction face à la destruction de « monuments naturels » de nature géologique, ici les blocs erratiques. Ainsi, la Pierre à Bôt ou bloc Agassiz, un bloc erratique de conglomérat de 2.600 tonnes en provenance de la région du Mont-Blanc, situé au pied de Chaumont au-dessus de Neuchâtel, a été placé sous protection le 2 juillet 1838. Ces blocs erratiques étaient menacés par leur exploitation comme ressource naturelle et déjà dans ses écrits H-B De Saussure en 1779 témoignait de la disparition progressive de ceux-ci. La découverte de leur valeur patrimoniale comme témoin du passé glaciaire de ces régions conduisit à un vaste mouvement de défense de ces géotopes marqué par « l'appel aux Suisses pour les engager à conserver les blocs erratiques », présenté par la commission géologique à l'assemblée de la Société Helvétique de Sciences Naturelles du 9 septembre 1867 (Aubert, 1989). Cet appel conduisit à la création de commissions des blocs erratiques au sein des sociétés d'histoire naturelle cantonales. Un vaste élan populaire qui se manifesta par des souscriptions et permit le rachat des blocs les plus menacés.
Si des objets géologiques sont à l'origine de la prise de conscience de l'importance du patrimoine naturel, ceux-ci seront ensuite largement délaissés par les mouvements de protection de l'environnement et il faudra attendre la fin du XXe siècle, alors que les blocs erratiques seront eux passés de mode et d'intérêt, pour voir la protection des géotopes redevenir d'actualité.

En 1874, c'est un groupe de rose des Alpes qui est protégé par la commune argovienne de Schneisingen en tant que relique de l'ère glaciaire (stat. suisse de l'environnement n ° 13) et en 1876, le Club Jurassien acquiert le creux du Van et le déclare réserve naturelle privée (Ray, 2006).
Comme dans de nombreux pays européens, ces premières mesures touchent des objets ponctuels caractéristiques d'une identité nationale, souvent du fait d'initiatives privées en provenance de particuliers ou d'associations. C'est d'ailleurs à cette époque que voient successivement le jour la Ligue pour la conservation de la Suisse pittoresque, en 1905, devenue depuis « Patrimoine Suisse », ainsi que la Ligue Suisse pour la protection de la nature en 1909.
Ces deux associations vont contribuer avec le soutien de la Société Helvétique de sciences naturelles devenue depuis l'Académie suisse des sciences naturelles à la création, le 1 août 1914, du Parc National Suisse (Nahraht, 2004). A l'image des grands parcs américains, c'est le premier qui au cœur du massif alpin va protéger de grands espaces sauvages, 172,4 km^{2} soit 0,4 % du territoire suisse… C'est aussi le seul existant aujourd'hui dans le pays !

Dans les années 60, face à l'industrialisation et la croissance urbaine, la confédération prend conscience de l'intérêt qu'il y a à protéger son patrimoine naturel et le 27 mai 1962, le peuple et les cantons adoptent l'article 24 sexies de la constitution fédérale qui sera repris dans la nouvelle constitution fédérale du 18 avril 1999. Celle-ci stipule dans ses dispositions générales que « *la confédération s'engage en faveur de la conservation durable des ressources naturelles et en faveur d'un ordre international juste et pacifique* » (Constitution Art.2) et affirme la souveraineté des cantons pour tous les droits qui ne sont pas délégués à la confédération.
Dans son article 78 elle aborde la Protection de la nature et du patrimoine en précisant :
[1] *La protection de la nature et du patrimoine est du ressort des cantons.*
[2] *Dans l'accomplissement de ses tâches, la Confédération prend en considération les objectifs de la protection de la nature et du patrimoine. Elle ménage les paysages, la physionomie des localités, les sites historiques et les monuments naturels et culturels; elle les conserve dans leur intégralité si l'intérêt public l'exige.*

[3] *Elle peut soutenir les efforts déployés afin de protéger la nature et le patrimoine et acquérir ou sauvegarder, par voie de contrat ou d'expropriation, les objets présentant un intérêt national* (RS 101).

C'est donc dans la seconde moitié du XXe siècle que la Suisse va progressivement établir sa législation pour la protection de l'environnement. Plusieurs lois marqueront des étapes importantes dans l'établissement de ce droit.

- La loi fédérale sur la protection de la nature et des paysages du 1 juillet 1966 (RS 451)

prévoit ainsi dans son *Art. 1 : de ménager et de protéger l'aspect caractéristique du paysage et des localités, les sites évocateurs du passé, les curiosité naturelles et les monuments du pays, et de promouvoir leur conservation et leur entretien.*
Elle instaure dans son article 5 la mise en place d'inventaires nationaux : ceux-ci devront préciser :

a-la description exacte de l'objet
b- les raisons leur conférant une importance nationale
c- les dangers qui peuvent les menacer
d- les mesures de protection déjà prises
e- la protection à assurer
f- les propositions d'amélioration.

Dans son chapitre 2, la loi précise les modalités de financement et d'accompagnement des différentes mesures de protection :
Art. 13 :

1- La Confédération peut soutenir la protection de la nature et du paysage et la conservation des monuments historiques par l'allocation de subventions ; celles-ci s'élèvent au plus à 35 % des frais imputables à la conservation, à l'acquisition et à l'entretien des paysages, des localités caractéristiques, des sites évocateurs du passé, des curiosités naturelles et des monuments dignes de protection, ainsi qu'aux travaux d'exploration et de documentation liés à ces activités. Ces subventions ne sont accordées que si le canton participe aussi aux frais dans une mesure équitable. Leur taux se détermine d'après l'importance de l'objet à protéger : (Art. 4) la somme des frais et la capacité financière du canton.

1bis- Le taux de subvention peut s'élever au plus à 45 % des frais s'il est établi que le taux prévu à l'art.1 ne permet pas de financer les mesures dont l'éxécution est indispensable.

- L'ordonnance concernant l'Inventaire Fédéral des Paysages (IFP), sites et monuments du 10 août 1977 (RS 451-11) précise les modalités de présentation des sites relevant de l'IFP.

Trois types d'objets sont recensés dans l'IFP : les objets uniques, les paysages types et les monuments naturels.
Dans un premier temps, en 1977, 65 sites sont annexés à l'ordonnance à partir de l'inventaire CPN réalisé en 1963 par la ligue suisse pour la protection de la nature (LSPN devenue Pronatura), la Ligue Suisse du Patrimoine national (LSP), et le Club Alpin Suisse (CAS). En 1983, 55 sites y sont ajoutés, 3 autres en 1996 et 9 en 1998. Parmi ces sites, certains relèvent d'un intérêt géologique important : creux du Van, Gorges du Trient, Monte San Giorgio… L'inventaire contient actuellement 162 sites qui représentent 18,9 % du territoire.
Un premier rapport de l'OCDE paru en 1998 sur les performances environnementales de la Suisse remit en cause cette politique des inventaires.
En 2002, la commission de Gestion du Conseil national (CdG-N) accompagnée par la sous-commission DFI-DETEC chargea l'OPCA (Organe Parlementaire de Contrôle de l'Administration) d'établir un bilan de l'IFP. Celui-ci fut réalisé par le bureau Hintermann et Weber. Il fit apparaître que dans certains sites appartenant à l'IFP, la pression du bâti et des

infrastructures n'avait pu être enrayée. Ainsi le site n° 1803 du Monte San Giorgio avait connu une progression du bâti de 16,6 % et des infrastructures de 14 % (évaluation de l'IFP rapport de l'OPCA 2003). L'une des principales causes évoquée était le manque de moyens associé à cet inventaire, puisqu'il ne prenait en compte que 35 % des investissements liés à sa réalisation par les cantons et les communes. Ainsi, seuls 7 cantons sur 25 protégeaient toute la surface répertoriée dans l'inventaire.
Actuellement, un projet de remaniement de l'IFP est en cours. Il prévoit principalement d'intégrer les sites retenus dans les plans directeurs cantonaux afin de rendre plus contraignante leur protection.

- Le 6 décembre 1987, une initiative populaire fédérale pour la protection des marais ou initiative Rothenturn a permis l'intégration des marais et sites marécageux à un niveau de protection lui aussi national.

L'ordonnance sur la protection des sites marécageux d'une beauté particulière et d'importance nationale (RS 451-35) du 1 Mai 1996 établit l'inventaire de ces sites qui, pour certains d'entre eux, relèvent d'éléments géomorphologiques (comme les étangs de Gruyère).

- Plus récemment, la loi fédérale sur l'aménagement du territoire du 22 Juin 1979 (RS 700) stipule dans son Art. 1 que dans le cadre de l'aménagement du territoire, *« la confédération doit soutenir les efforts qui sont entrepris notamment aux fins :*
  a- de protéger les bases naturelles de la vie, telles que le sol, l'air, l'eau, la forêt et les paysages ».

Ainsi, une coopération doit être trouvée entre les différents niveaux : fédéral, cantonal et communal, afin de mener à bien les conceptions et plans sectoriels fédéraux qui doivent se retrouver dans les plans directeurs cantonaux ainsi que les plans d'affectation communaux, tout en protégeant des zones comme *Art.17 b : « les paysages d 'une beauté particulière, d'un grand intérêt pour les sciences naturelles ou d'une grande valeur en tant qu'éléments du patrimoine culturel »* ainsi que *Art. 17 c « les localités typiques, les lieux historiques, les monuments naturels ou culturels »* .

L'ordonnance sur l'aménagement du territoire du 28 Juin 2000 (RS 700-1) renforce dans les faits les contraintes liées au respect de l'IFP.

- La loi fédérale sur la protection de l'environnement du 7 octobre 1983 (RS 814-01)

Elle instaure l'étude d'impact environnemental pour les projets « pouvant affecter sensiblement l'environnement ».
L'ordonnance du 19 octobre 1988 (RS 814- 011) en précise les modalités.

Des dispositions particulières existent aussi dans d'autres textes législatifs comme par exemple dans la loi fédérale sur l'utilisation des forces hydrauliques (LFH, 1916), la loi sur l'eau, la forêt ou l'agriculture.

L'ensemble de ces mesures de protection conduit à la protection d'environ 30 % de la surface du territoire, l'IFP constituant 18, 91 % de cette globalité.
La révision de la loi fédérale sur la protection de la nature et des paysages avait été envisagée pour la législature 1999-2003, et le résultat officiel de la consultation publié en juillet 2003 avait montré la très large adhésion à cette réforme, une quarantaine de projets de parcs naturels étant alors à l'étude. Mais ce premier programme de révision a été gelé le 25 janvier 2004 et rayé de la législature 2004-2007 par manque de moyens. Les réactions furent vives et en automne 2004, le Parlement accepta la motion du conseiller aux états tessinois Dick Marty (04-

3048) et remit en chantier son programme de réforme, adoptant la nouvelle modification en octobre 2006 (Duhem V., 2008)
C'est la volonté de création d'un second parc national qui avait conduit l'association Pro-natura à lancer cette idée de réforme. Elle organisa en 2000 un concours doté d'un prix de 1 million de francs et 6 projets furent présentés (Les Muverans VD/VS, Haut Val de Bagnes VS, Zermatt/Matterhorn VS, Adula/ Rheinwaldhorn TI/GR, Locarnese TI, Maderanertal UR). En effet, outre la protection des milieux assurée par le parc national des Grisons, la valeur ajoutée touristique est évaluée à 10 millions de francs suisses auxquels s'ajoutent 7 millions de revenus et d'emplois indirects, d'où l'intérêt selon Pronatura de voir se multiplier en Suisse des espaces protégés supports d'un écotourisme rémunérateur.
Dans le projet de réforme, trois catégories de parcs sont proposés :

- Les parcs nationaux avec une zone centrale intégralement protégée d'une surface supérieure à 50 km^2 sur le Plateau, 75 km^2 dans le Jura et 100 km^2 dans les Alpes, et d'une zone périphérique correspondant à 75 à 150 % de la zone centrale où des activités économiques sont réalisables
- Les parcs naturels régionaux : zones rurales de développement durable assurant un développement économique associé au tourisme dans le respect de l'environnement. Une convention doit être passée entre les communes volontaires et le conseil d'état pour 10 ans renouvelables et s'appliquant sur un territoire intercommunal de 10 km2 au moins et d'un seul tenant.
- Les parcs naturels péri-urbains : de plus petite taille (< 6 km^2) espaces de détente et de loisirs à proximité de zones urbaines (Reynard, 2004).

Actuellement, 10 projets de parcs d'importance nationale sont en cours d'étude par l'OFEV. La confédération a voté un budget de 3,5 millions de francs en 2008 pour soutenir leur sélection, budget qui devrait passer à 12 millions jusqu'en 2012 afin de soutenir leur création. Ces parcs couvriront 7.000 km^2 du territoire national soit 7 % de sa superficie.

Certaines mesures qui limitent le droit de propriété concernent directement la protection des géotopes :
dans le code civil suisse élaboré en 1912, un certain nombre d'articles induisent une protection d'objets géologiques par limitation du droit de propriété.
Art. 702 : limitation du droit de propriété privée pour la protection du patrimoine naturel et du paysage.
Art. 724 : propriété publique sur les objets à haute valeur scientifique.
1 Les curiosités naturelles ou les antiquités qui n'appartiennent à personne et qui offrent un intérêt scientifique considérable deviennent la propriété du canton sur le territoire duquel elles ont été trouvées.
2 Le propriétaire dans le fonds duquel sont trouvées des choses semblables est obligé de permettre les fouilles nécessaires, moyennant qu'il soit indemnisé du préjudice causé par ces travaux.
L'auteur de la découverte et de même, s'il s'agit d'un trésor, le propriétaire a droit à une indemnité équitable, qui n'excédera pas la valeur de la chose (Jordan, 2004).
Cet aperçu de l'arsenal législatif de la protection de l'environnement en Suisse nous montre que la plupart du temps, les objets géologiques sont protégés du fait d'une autre de leur caractéristique (biotope pour des espèces protégées comme les grottes pour les chauve-souris), ou plus généralement pour les caractéristiques paysagères dont ils sont à l'origine. Cette protection est donc insuffisante et de nombreux sites sont menacés de pillage, de comblement…
La Suisse, état fédéral, possède quatre niveaux institutionnels : la confédération, les cantons, les districts et les communes aux compétences bien définies.
Les 26 cantons sont des membres égaux en droits et souverains dans de nombreux domaines tels que l'environnement, la justice, l'éducation ou la santé. Leur diversité est importante

puisque l'écart entre la superficie du plus grand (Grisons 7.105 km^2) et du plus petit (Bâle-ville 37 km^2) est de 192 et l'écart entre le plus peuplé (Zurich 1.228 600 habitants) et du moins habité (Appenzell-Rhodes intérieures 15.000 habitants) est de 85. Les enjeux liés à la protection de l'environnement n'y revêtent donc pas au sein de chacun les mêmes priorités.
Ainsi, le canton du Tessin possède depuis 2002 une nouvelle loi sur la protection de la nature (Legge cantonale sulla protezione della natura (Lcn, 9.3.1.7) qui, dans son article 1, prend en compte le patrimoine géomorphologique en précisant que la loi doit promouvoir la connaissance, la sauvegarde et la valorisation des composantes naturelles du paysage (Pagano, 2008).
L'organisation administrative de la protection de l'environnement est répartie entre plusieurs organismes aux compétences et au pouvoirs décisionnels variés. En 1936, Le Conseil Fédéral a institué la commission fédérale pour la protection de la nature et du paysage. Celle-ci, extra-parlementaire et indépendante, est composée de quinze membres et a pour mandat légal d'examiner des projets dans des paysages et sites protégés. Elle conseille le Conseil fédéral et le département compétent dans les questions de fond concernant la protection de la nature et des paysages.
Le département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication (DETEC), conformément à l'article 1 alinéa 3 de la Loi sur l'organisation du Gouvernement et l'Administration (LOGA) et de l'ordonnance du 6 Décembre 1999, est chargé de la mise en place de la politique environnementale de la Suisse. Il est composé de divers offices dont l'Office Fédéral de l'Environnement, des transports, de l'énergie et de la communication (OFEFP) qui est regroupé depuis le 01 janvier 2006 avec une grande partie de l'Office Fédéral des Eaux et de la Géologie (OFEG) dans une nouvelle structure : l'Office Fédéral de l'Environnement (OFEN) (Figure 1.27).

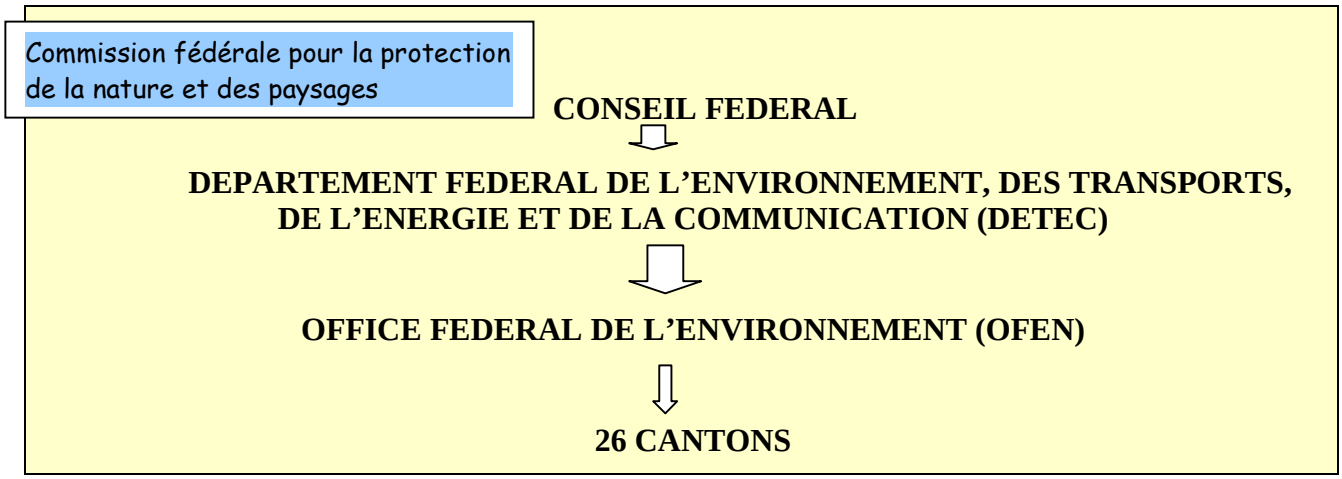


Figure 1.27 : Organisation politique de la protection de l'environnement en Suisse.

Cette double compétence fédérale et cantonale, ainsi que les importantes divergences existant entre les cantons, n'assurent pas toujours la protection la plus efficace au patrimoine géologique.

3.6.2 Le rôle fondamental de l'Académie Suisse des Sciences Naturelles

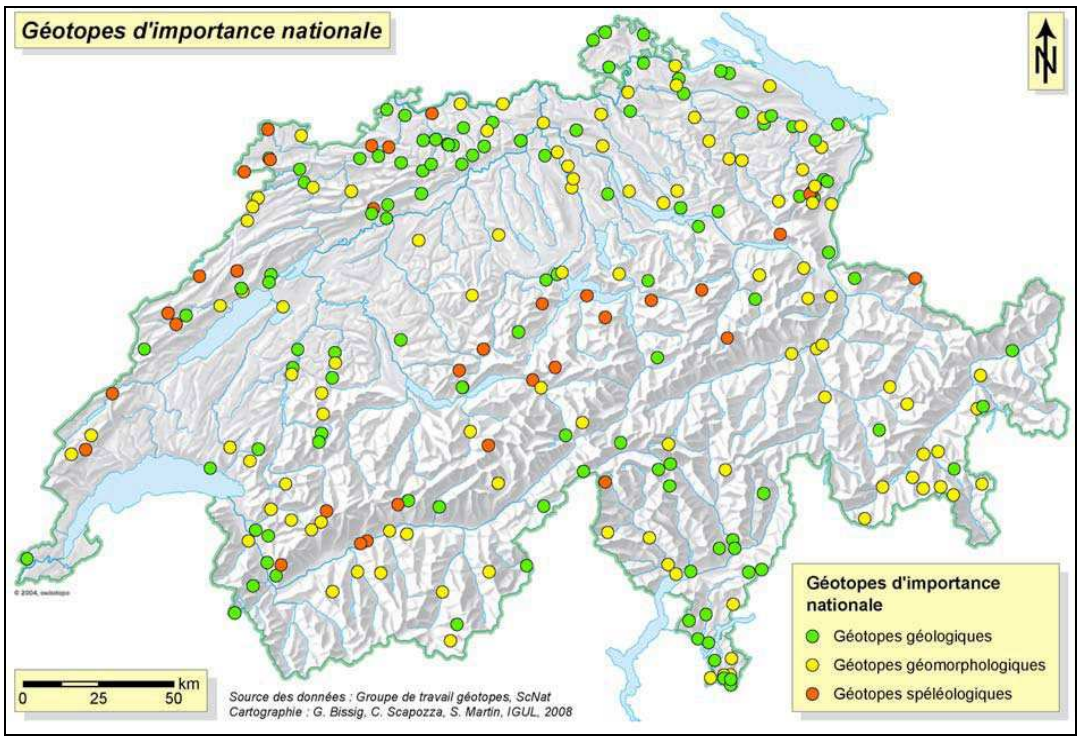
Très tôt, des inventaires officiels ont été menés dans certains cantons : en 1983 dans le canton d'Argovie, en 1987 dans celui de Saint-Gall, en 1990 dans le canton de Lucerne, en 1994 dans celui des Grisons et enfin en 1995 à Fribourg. (Grandgirard, 1996).
La dimension fédérale est atteinte en 1993 par la création d'un groupe de travail sur les géotopes au sein de l'Académie Suisse des Sciences Naturelles (ASSN). Il fait paraître en 1995

un rapport stratégique montrant les mesures à prendre afin de protéger les géotopes (Strasser et al., 1995).
Parallèlement, il réalise un inventaire informel des géotopes suisses. Les fiches d'inventaire retenant 4 critères de sélection :

- L'intégrité : degré de préservation des caractères originels.
- La rareté : rareté en fonction d'un espace de référence (la Suisse, une région naturelle de la Suisse ou un espace naturel supra-national), rareté d'un type de géotope ou rareté en fonction de caractéristiques particulières.
- La valeur scientifique : témoin de l'histoire de la Terre, représentativité-exemplarité, localité-type, valeur didactique, site d'étude particulier.
- L'intérêt particulier : valeur écologique, visibilité, qualités esthétiques et paysagères, importance historique, valeur culturelle, dimension symbolique, valeur touristique et de loisir, accessibilité, intérêt économique etc.

L'inventaire qui recense 401 sites est présenté lors du symposium « géotopes » organisé à Airolo dans le cadre de l'Assemblée annuelle de l'ASSN (Grandgirard, 1999). La réalisation de l'inventaire national a stimulé la prise de conscience par certains cantons de l'intérêt à mieux connaître leur patrimoine géologique. Ainsi, le canton de Thurgovie a élaboré un inventaire en 2000 (Naef, 2000) qui recense 158 objets, celui de Schwyz en 2003 en recense 177 (Lienert et al, 2003), le canton de St-Gallen en recense 437 en 2003 (Stürm, 2003) ; le service des forêts et du paysage du canton du Valais a lancé un mandat en 2002 afin de faire le point sur la protection des géotopes du canton et de proposer une marche à suivre pour l'élaboration d'un inventaire (Lugon et al., 2003).
Parallèlement à ce travail mené par l'Académie suisse des sciences naturelles, l'OFEFP avait inscrit ces préoccupations dans ses projets d'actions.
En 1997, le Conseil fédéral approuva une stratégie contraignante de protection de la nature et de valorisation de la diversité biologique et paysagère. La Conception Paysage Suisse est un instrument de planification et de coordination de la politique fédérale qui s'appuie sur la législation existante. Deux mesures concrètes y sont présentes concernant la protection des géotopes :
Mesure CPS 7-09 : Protection des Géotopes : créer les bases
Elaborer les principes de base pour la protection des géotopes. Comparer le cadre légal existant à celui en vigueur pour la protection des biotopes et, le cas échéant, proposer de nouvelles dispositions. Accorder une attention soutenue à l'importance scientifique et pédagogique des géotopes, et prendre en considération l'aspect géologique apparaissant lors de la construction d'infrastructures de transports. Sensibiliser au thème des géotopes les offices fédéraux ayant des activités à incidences spatiales.
Mesure CPS 7-12 : Examen des stratégies et des objectifs de protection dans les objets IFP.
Mieux formuler les objectifs de protection. Elaborer des stratégies de protection pour les différents objets en vue d'atteindre les objectifs fixés.
La mise en œuvre de la CPS est réalisée par le programme d'action Paysage 2020.
En écho à ces différentes démarches, l' Office Fédéral de l' Environnement, de la Forêt et des Paysages (OFEFP) a créé en 1999 un groupe de travail « géotopes » au sein de l'administration fédérale.

En 2006, un mandat a été confié au nouveau groupe de travail « Géotopes d'importance nationale » dirigé par Jean-Pierre Berger et qui comprenait quatre sous-groupes en charge des géotopes géologiques, géomorphologiques, spéléologiques et ceux des cantons du Grisons et du Tessin. La révision du précédent inventaire a permis de faire évoluer la base de données précédente (401 géotopes) pour aboutir à une liste représentative de 250 géotopes d'importance nationale présentés dans la carte suivante (Berger et al, 2008).



Carte 1.2 : Carte provisoire des géotopes d'importance nationale.

L'ensemble de ces initiatives a permis de mobiliser différents acteurs locaux : communauté géologiques et autorités politiques. Deux géoparcs suisses ont été créés : le géopark Gole della Breggia inauguré en 2001 dans le Tessin, et le Geopark Sarganserland-Walensee-Glarnerland qui a vu le jour en 2003 et qui abrite depuis 2008 le site UNESCO « Haut-lieu tectonique suisse, Sardona ». Cinq autres projets sont en cours de réalisation au sein de la confédération :

- le Géoparc Jura Suisse, un géoparc transfrontalier dont l'attrait central est constitué par les découvertes paléontologiques de valeur internationale des traces de dinosaures de Courtedoux
- le Geoparco dell'Insubria autour du Monte San Giorgio classé au patrimoine mondial principalement pour ses gisements fossilifères du Jurassique
- en Engadine, un projet intitulé Alpen-Akademie Geoparc basé sur un riche patrimoine géologique et géomorphologique de montagne
- dans la région du Beatenberg-Hohgant, un projet de géoparc autour du patrimoine karstique et spéléologique de la région
- dans le val de Bagnes, un géoparc autour du patrimoine géologique, minier et glaciologique (berceau de la théorie glaciaire) de la vallée (Reynard et al, 2007).

3.6.3 Bilan

La Suisse ne s'est mobilisée que récemment pour la reconnaissance et la protection de son patrimoine géologique. L'inventaire fédéral des paysages a constitué une étape importante en 1977, relayé ensuite par le groupe de travail pour la protection des géotopes suisses. On peut expliquer cette mobilisation tardive en invoquant des menaces limitées sur le patrimoine naturel. Bien que tardifs, ces efforts ont été récompensés puisque la confédération helvétique est le seul pays alpin à posséder des sites naturels inscrits au patrimoine mondial de l'UNESCO pour le critère viii relatif à leurs caractéristiques géologiques… et elle en possède trois : le Jungfrau-Aletsch-Bietschorn, le Monte San Giorgio ainsi que le Haut lieu tectonique Suisse, Sardona.

Les élus ont été efficacement sensibilisés et sont désormais attentifs à ce type de patrimoine. Ainsi, lors de la découverte en 2000 des traces de dinosaures sur le chantier de l'autoroute A16 autour de Courtedoux dans le Jura, les autorités cantonales ont rapidement réagi. Un projet pilote la Paléontologie A16 (PAL A16) a vu le jour à Porrentruy. C'est la première fois qu'un canton suisse soutient de façon officielle un travail de paléontologie sur le tracé d'une route nationale. Le projet a été lancé en février 2000 dans le but de démontrer l'importance du patrimoine jurassien. Le travail de la PAL A16 est financé par l'Office fédéral des routes (OFROU) et par la République et Canton du Jura. Intégrée à l'Office de la culture, la section étant en partie administrée par la section d'archéologie du même office. Depuis huit ans, plusieurs milliers d'empreintes de dinosaures, principalement du Kimméridgien supérieur, faisant de ce site le troisième au monde en importance ont été découvertes dans une quinzaine de sites de fouilles répartis sur un tronçon de 24 km de la future autoroute. En septembre 2008, les autorités cantonales ont décidé d'investir 3,5 millions de francs à la mise en valeur touristique des principaux sites de découvertes.

3.7 Conclusion

La montée en puissance rapide à partir des années 1970 de la prise en compte du patrimoine naturel a progressivement mis en évidence la lacune de prise en charge des objets géologiques dans ce patrimoine. La mobilisation de la communauté géologique représentée par les professionnels mais aussi et même surtout, dans certains pays, les amateurs, a permis progressivement de rattraper ce retard.
Des réseaux de parties prenantes se sont alors constitués, dans chacun des pays, soutenus plus ou moins par les autorités politiques, afin que le patrimoine géologique puisse être connu, reconnu, évalué et surtout, bien sûr, protégé des nombreuses menaces que l'aménagement du territoire, en particulier, font peser sur lui.
L'analyse comparée effectuée dans cette première partie montre bien des écarts entre les différents pays de l'arc alpin. Ainsi, la comparaison des inventaires réalisés ou en cours résume assez bien ces disparités, liées non seulement à la réelle mobilisation des acteurs de terrain mais aussi à la situation politique, les états fortement décentralisés ayant parfois plus de difficultés à faire intervenir les cantons, régions ou Länder avec la même implication.

PAYS	ALLEMAGNE Land de Bavière	AUTRICHE	FRANCE	ITALIE	SLOVENIE	SUISSE
Prescripteur de l'inventaire	Ministère de l'Environne-ment	Service géologique autrichien	Ministère de l'Environne-ment + Muséum National d'Histoire Naturelle	Agence pour la protection de l'environne-ment et des services techniques	Agence de l'environne-ment de la République Slovène	OFEFP + Académie suisse de Sciences Naturelles
Etat de l'inventaire	Achevé	Achevé	Lancé en 2007	Achevé	Lancé	Achevé mais en phase de réactualisa-tion
Nbre d'objets inventoriés	3400	549	_	3171	_	250

Tableau 1.8 : Tableau comparatif de l'état des inventaires géologiques dans les différents pays de l'arc alpin.

La réalisation de ces différents inventaires nationaux a mobilisé chercheurs et institutions (administrations de l'environnement ou services géologiques) aux différentes échelles territoriales. Peux t-on dire pour autant que ces inventaires ont fait progresser la reconnaissance du patrimoine géologique ? Tout dépend de la démarche qui a accompagné leur réalisation. En Allemagne, l'initiative prise par le Land de Bavière d'attribuer un label aux cent plus beaux géotopes bavarois a certainement contribué à populariser la démarche, par ailleurs très administrative, de l'inventaire. En France les commissions régionales qui ont validé les inventaires réalisés par les DRAE ont permis de constituer des réseaux d'acteurs locaux de diverses origines qui seront autant de relais ensuite pour contribuer à valoriser les sites retenus. Ainsi, la démarche d'inventaire, par la dynamique impulsée a certainement fait progresser la cause du patrimoine géologique. Toutefois, la rigueur administrative de ce procédé ne tient pas compte des dynamiques locales qui soutiennent des projets de mise en valeur de site parfois même non retenus dans les inventaires mais qui trouvent localement le contexte favorable à leur mise en tourisme. Le classement d'un site dans un inventaire n'est donc pas une condition suffisante pour voir sa valorisation touristique assurée. L'appropriation de l'objet géologique par un groupe d'acteurs est par contre une nécessité, et si l'inventaire peut y contribuer, c'est

surtout le maintien d'une culture naturaliste minimale qui permettra de diffuser auprès de tous l'intérêt de ces listes de géotopes.
Ces démarches d'inventaires ont donc été davantage productives pour mobiliser les échelons supérieurs et faire reconnaître le patrimoine géologique auprès des différentes autorités administratives contribuant ainsi à sa reconnaissance et sa protection. Elles n'ont que très partiellement servi à promouvoir ce même patrimoine auprès du grand public ou des échelons de gouvernance territoriale locales. La mobilisation qui a accompagné la réalisation des premières listes de sites pose la question du devenir de ces listes. En effet, les inventaires devront être régulièrement, mais avec quelle fréquence, mis à jour. Des objets géologiques pouvant disparaître malgré leur protection théorique comme l'illustre parfaitement le destin en péril des glaciers alpin du fait du réchauffement climatique que celui-ci soit dû aux activités humaines ou bien à des phénomènes naturels. Ces glaciers étant pour nombre d'entre eux inscrits dans différentes listes officielles de géotopes.

Conclusion

Cette première partie avait pour objectif de réaliser un bilan de la prise en compte du patrimoine géologique aux différentes échelles territoriales.

Au niveau global, l'UNESCO a efficacement promu la reconnaissance de celui-ci tant au travers de la liste du patrimoine mondial qu'en participant au réseau *Global Geopark* qui désormais est bien implanté en Asie, en Australie, en Amérique du Sud et bien sûr en Europe où le concept de géoparc a été créé en 2000. On peut regretter toutefois que ces formes de labellisation ne soient pas représentatives de l'ensemble des éléments constitutifs de la géodiversité mais davantage des logiques d'acteurs locaux mobilisés pour la protection et la mise en valeur de certains objets ou sites géologiques. Dans cette même Europe, soutenues par des programmes LEADER ou INTERREG, de nombreuses initiatives ont vu le jour et permis la création de réseaux d'acteurs capables de diffuser l'importance et l'intérêt d'une reconnaissance spécifique du patrimoine géologique. Là encore, les logiques qui s'expriment sont avant tout des logiques territoriales ou sectorielles qui ne sont pas toujours représentatives des logiques scientifiques.

Une étude comparative a ensuite été menée. Chacun des six pays de l'arc alpin a fait l'objet d'investigations complémentaires afin de mieux comprendre comment chacun d'eux avait investi ce nouveau champ patrimonial. L'approche historique a permis de reconstituer l'évolution des politiques environnementales et de l'arsenal législatif garantissant la protection des patrimoines naturels ainsi que la place occupée par le patrimoine géologique parmi ces derniers. Les réseaux d'acteurs institutionnels (Association de professionnels des géosciences mais aussi d'amateurs) ainsi que les groupes plus informels souvent émergeant des parties prenantes liées à des projets territoriaux ont été identifiés afin de mieux comprendre leur rôle dans la concrétisation opérationnelle.

Chaque pays a développé des stratégies d'actions fortement influencées par sa culture, son organisation politique et son histoire. Les résultats obtenus pour la reconnaissance du patrimoine géologique sont souvent à l'image de ce qui s'était passé, quelques années plus tôt pour le patrimoine naturel plus généralement.

L'Allemagne a rapidement investi ce nouveau champ d'action, un réseau fédéral de géoparcs a vu le jour, une année de la Terre a été proclamée en 2002 et depuis, le troisième dimanche de septembre est consacré à la mise en valeur du patrimoine géologique. Toutefois, sur le terrain des différences persistent suivant les Länder, celui de Bavière étant particulièrement actif avec un inventaire déjà réalisé et les 100 plus beaux géotopes de celui-ci mis en valeur. L'Autriche a bénéficié du soutien direct influent du Service Géologique National qui, avec l'aide de l'Etat, a financé la création d'un inventaire des géotopes auquel chaque région a participé. Le Club Alpin Autrichien, souvent en partenariat avec des espaces naturels protégés a contribué au développement d'un réseau de sentier d'interprétation qui fait une large place au patrimoine géologique favorisant ainsi la sensibilisation du grand public. La France a impulsé une démarche centralisée d'inventaire patrimonial dont la concrétisation voit le jour très lentement. Malgré une place importante de la géologie dans les programmes scolaires, la population en général, semble considérer ce champ des géosciences comme difficile à aborder d'où une réelle méconnaissance des acteurs locaux. Ce qui peut s'expliquer par un milieu associatif qui, bien que mobilisé, n'a jusqu'à présent été que peu soutenu par les acteurs des géosciences. Cette situation semble évoluer et un faisceau d'initiatives à différents échelons du territoire montre que tout comme pour l'environnement une prise de conscience est en train de croître. L'Italie a été très active dans l'investissement de ce champ patrimonial avec la particularité de le considérer de façon systémique. De nombreux acteurs institutionnels sont impliqués en provenance des domaines de l'environnement mais aussi du tourisme et de la culture plus largement. Les initiatives locales sont soutenues par des têtes de réseaux relevant des administrations régionales et de nombreux projets financés par la Commission Européenne

voient le jour, sur ce thème du patrimoine géologique, comme sur d'autres thèmes. La Slovénie, a connu une histoire complexe au cours du XXe siècle et reste marquée par des influences diverses. Le patrimoine géologique a été investi par le karst qui tient une place particulièrement importante avec plus de 8000 cavités pour un pays qui représente moins de 1/7 de la superficie de la France.

La Suisse vient d'achever un inventaire de 250 géotopes d'importance nationale dont la réalisation avait été confiée au groupe de travail Géotope de l'Académie Suisse des Sciences Naturelles. Parmi les cantons certains sont particulièrement actif, comme ceux du Valais ou du Jura Dans le cas du Valais, on peut observer un décalage entre le retard pris dans les mesures de conservation puisque l'inventaire cantonal n'est toujours pas réalisé et le dynamisme des pratiques de géotourisme puisque près d'une trentaine de sites sont valorisés.

En ce début de XXIe siècle, des faisceaux d'initiatives convergent vers une reconnaissance effective du patrimoine géologique aux différentes échelles territoriales. Ce patrimoine est-il pour autant reconnu comme une ressource territoriale capable de soutenir des actions de développement ? C'est sur cette question que va maintenant se concentrer la seconde partie de ce travail.

Seconde partie

Panorama de l’offre géotouristique dans l’arc alpin

Introduction

Une fois inventorié, évalué et protégé, le patrimoine géologique peut connaître deux destinées :
Rester confiné dans une certaine confidentialité, il sera, alors, au mieux visité périodiquement par les enseignants lors de sorties scolaires, de camps de terrain d'étudiants ou par des chercheurs lors d'excursions scientifiques à l'occasion de colloques ou de réunions de sociétés savantes. Ce relatif anonymat sera d'ailleurs un gage de sa protection si ce patrimoine est un site fossilifère de référence, par exemple. Mais cet intérêt confiné à un public limité n'exclut pas les menaces de destruction comme le rappelle le remblaiement, à la fin des années 1980, de la carrière de May/sur/Orne célèbre pour son platier d'âge toarcien.

Le patrimoine géologique peut aussi faire l'objet d'une mise en valeur touristique et permettre ainsi un développement local à la source duquel quatre réseaux d'acteurs interviennnent :

- des **scientifiques** ayant étudié le site et qui souhaitent transmettre leurs connaissances, partager leur savoir, mettre en évidence l'importance du géotope pour tous et sans doute aussi susciter de nouvelles vocations,
- des **médiateurs scientifiques** : accompagnateurs en montagne, guides du patrimoine, journalistes scientifiques, enseignants, chercheurs en géodidactique dont le rôle est de rendre accessible à tous l'interprétation scirntifique de l'objet géologique,
- des **habitants** conscients de la nouvelle dimension patrimoniale de leur territoire, et soucieux d'y développer une activité économique valorisante afin de mieux faire connaître celui-ci, de le démarquer de ses voisins et d'assurer sa survie économique pour eux-mêmes et les générations montantes,
- des **collectivités territoriales** dans un souci qui relève parfois de la planification des équilibres entre territoires.

Ces quatre réseaux d'acteurs et ces trois objectifs verront leur efficacité grandement améliorée si une synergie est trouvée entre les différents partenaires.
Bien que d'un intérêt certain, les sites ne faisant l'objet d'aucun type de mise en valeur à destination du plus grand public ne seront pas retenus dans ce travail. En effet, l'objectif est avant tout l'étude comparative de l'offre géotouristique dans le but de créer des « Via Geoalpina » virtuelles reliant différents géosites touristiques afin de retracer l'histoire des Alpes en mettant en cohérence à l'échelle géologique de la chaîne alpine l'ensemble des sites qui localement illustrent tel ou tel point de l'histoire de celle-ci.

Cette étude se trouve donc à la confluence de deux champs disciplinaires :

- la **Géographie** qui permet d'analyser sous l'angle principalement des jeux d'acteurs, la naissance et le développement du géotourisme au sein de l'arc alpin, et ainsi de mieux comprendre la mise en place de cette offre touristique au sein des territoires et son influence sur l'économie locale et régionale.
- la **Géologie** afin de comprendre l'intérêt scientifique des géotopes valorisés dans le but de retenir les éléments essentiels à leur intégration dans une histoire géologique des Alpes. Cette dernière approche sera l'objet de la troisième partie de ce travail.

Cette distinction disciplinaire n'est pas toujours simple à réaliser. Ainsi, la géomorphologie qui intègre la glaciologie relève du domaine des géographes et pourtant ce champ d'étude se base sur de nombreux concepts ainsi que des techniques d'analyses élaborées par des géologues. Inversement, de nombreuses applications de terrain de la géologie ont joué et jouent encore un rôle important dans l'aménagement du territoire ou bien l'économie entière de certaines régions, comme l'illustre parfaitement l'histoire minière des Alpes. **C'est pourquoi le terme**

de géosciences, domaine transdisciplinaire à la croisée des sciences exactes, expérimentales et humaines, plus conforme à l'esprit de ce travail sera le plus souvent utilisé.
Les investigations conduites amènent également à s'intéresser à des champs disciplinaires connexes tels que l'épistémologie ou la didactique mais également, dans la dernière partie, les nouvelles techniques de communication scientifique. Chacun de ces domaines mériterait de pousser les recherches vers une meilleure compréhension du rôle de chacune de ces disciplines pour la mise en valeur des sites et surtout la médiation scientifique qui accompagne leur mise en tourisme. Malgré cet intérêt certain et le manque de travaux de recherche dans ces différents domaines, ils ne seront qu'abordés afin de souligner les contributions qui pourraient être apportées par des investigations plus poussées dans ces différents domaines..

Cette seconde partie s'intéresse donc au géotourisme. Ce terme relativement récent d'utilisation, sera dans un premier temps défini et caractérisé, par rapport à l'ensemble des pratiques touristiques. L'analyse de ses différents éléments constitutifs permettra d'en délimiter précisément les contours. Cette étude est nécessaire afin de réaliser une typologie des différents géosites touristiques sur lesquels portera l'inventaire présenté ensuite.
Le terme de géotourisme, apparu récemment plonge cependant ses racines dans des pratiques plus anciennes qui seront exposées. Cette approche historique sera l'occasion de montrer combien la plupart des destinations du tourisme géologique du XXe siècle étaient déjà bien connues des naturalistes et géologues des siècles antérieurs.
Un corpus de 388 géosites touristiques a pu être réalisé. Il sera exposé, dans un premier temps, pays par pays en suivant une traversée du sud-ouest au nord-est de la chaîne. Cette approche géographique permettra de comparer cette offre afin de mettre en perspective les résultats obtenus au regard de critères culturels, politiques ou économiques. L'analyse qualitative qui suivra sera l'occasion de revenir sur la typologie des objets sélectionnés, une large place sera faite alors à l'illustration à partir d'exemples pris dans ce panel.

Chapitre 4 : Le géotourisme, à la découverte et au service du patrimoine géologique et de sa protection

Le géotourisme est une forme nouvelle de pratique touristique. Il répond à une demande spécifique de la part de publics variés et permet une diversification de l'offre des territoires. Son développement doit beaucoup à l'activisme de certaines parties prenantes : géologues professionnels ou amateurs, habitants concernés, acteurs du tourisme... Niche touristique à part entière il propose des formes de valorisation qui lui sont propres et s'inscrit au cœur de démarches de développement territorial originales.

4.1 Le géotourisme, une niche touristique à part entière

4.1.1 Définitions

Depuis une quinzaine d'années le terme de géotourisme a fait son apparition. Pour autant, il n'a pas encore fait son entrée dans les dictionnaires et il n'en existe pas de définition consensuelle. Suivant les acteurs, et bien sûr la fonction qu'ils occupent celle-ci peut mettre principalement en valeur différents aspects de cette pratique touristique innovante.

Ibrahim Komoo, propose dès 1993, la création d'une discipline particulière au cœur des géosciences appliquées, il la définit ainsi : "*Tourism geology is a specific discipline that deals with the application of geological knowledge for the development of ecotourism activities through a systematic search for geological characterization of new and existing tourism destinations.*" L'accent est mis sur les investigations qui doivent être réalisées par les géologues en amont de la création de ces destinations géotouristiques. Acteur de terrain, les travaux du professeur Komoo sont à l'origine du Langkawi Geopark, situé sur l'île éponyme de Malaisie, qui a été labellisé *Global geopark* en 2006.

En 1998, lors d'une réunion de la Société Géologique d'Allemagne, Marie-Louise Frey, alors en charge de la promotion des géosciences au sein du parc de Gerolstein labellisé depuis *European Geopark* donne la définition suivante : "*Geotourism means interdisciplinary cooperation within an economic, success-oriented and fast-moving discipline that speaks its own language. Geotourism is a new occupational and business sector. The main tasks of geotourism are the transfer and communication of geoscientific knowledge and ideas to the general public*" Cette définition insiste sur les interactions entre les acteurs : politiques, scientifiques et professionnels du tourisme. Elle confère deux rôles principaux au géotourisme celui d'une certaine forme de transmission des connaissances mais aussi de ressouce territoriale pour le développement économique (Frey, 2006).
La même année, Jonathan Larwood, paléontologue, qui travaillait alors pour *English nature*, l'agence gouvernementale anglaise pour la protection de la vie sauvage et de la géologie propose la définition suivante : " *Travelling in order to experience, learn from and enjoy our Earth heritage*." Mais celle-ci a le défaut, selon Hose (2008) de laisser penser que le géotourisme peut soutenir une "*geoexploitation.*"

En 2002, le résultat d'une enquête conduite par l'association américaine de l'industrie du voyage (TIA) avec le soutien du National Geographic sur un échantillon de 8 000 américains s'appuyait sur la définition suivante : "*Tourism (…), concerned instead with preserving a destination's geographic character—the entire combination of natural and human attributes that make one place distinct from another...*" (Stueve, 2002). Définition qui associe visiblement au préfixe Géo le sens de géographie davantage que celui de géologie.

La définition retenue ensuite par le National Geographic sera plus complète : "*Like ecotourism, geotourism promotes a virtuous circle whereby tourism revenues provide a local incentive to protect what tourists are coming to see, but extends the principle beyond nature and ecology to incorporate all characteristics that contribute to sense of place, such as historic structures, living and traditional culture, landscapes, cuisine, arts and artisanry, as well as local flora and fauna. Geotourism incorporates sustainability principles, but in addition to the do-no-harm ethic, geotourism focuses on the place as a whole. The idea of enhancement allows for development based on character of place, rather than standardized international branding, and generic architecture, food, and so on.*" On voit apparaître ici des aspects nouveaux comme celui de la conservation du patrimoine qui pourra être financée par les revenus issus du développement touristique ainsi que la notion difficilement traduisible de « Sense of place » qui associe dans l'interprétation d'un lieu l'ensemble de ses caractéristiques naturelles et culturelles.

La même année, Andreas Megerle, chercheur à l'Université de Karlsruhe, qui travaille sur les réseaux coopératifs et le tourisme durable et qui a contribué activement à la création du *European geopark* du Jura Souabe, publie une définition qui suggère que "*le géotourisme doit être vu comme un élément d'une approche de management global dans le large champ de l'histoire géologique et des paysages, incluant les interconnections avec la faune et la flore, les espaces cultivés et l'utilisation présente et passée des sols. L'éducation à l'environnement et au développement durable en sont des parties intégrantes.*" Les paysages culturels font leur apparition, ils sont aussi un élément important pour l'école de Mario Panizza de l'Université de Modène qui a introduit le terme de géomorphologie culturelle et participe au développement de nombreux produits géotouristiques abordant de façon globale la notion de patrimoine géologique (Panizza, 2003).

Christel Barde, géographe, maître de conférence à l'Université de Pau, insiste dans sa thèse soutenue en 2004 et traitant du géotourisme dans le Verdon sur les opportunités offertes aux géologues par le développement de cette nouvelle pratique touristique : "*Le géotourisme s'organise à partir d'un ensemble de géosites identifiés scientifiquement et représentatifs de l'histoire géologique d'un territoire. Il représente l'opportunité pour les géologues de valoriser leur travail de recherche à travers l'interprétation de ces géosites.*"
La même année, le professeur Murray Gray du département de Géographie de l'Université Queen Mary de Londres propose la définition suivante dans son ouvrage *Geodiversity* : "*people going to a place to look at and learn about one or more aspects of geology and geomorphology.*" Il accorde une place particulière à la géomorphologie, bien compréhensible en raison de l'importance des paysages et de leur formation dans les motivations qui conduisent à visiter des destinations géotouristiques.

Emmanuel Reynard, géomorphologue, professeur à l'Université de Lausanne, impliqué depuis longtemps dans la prise en compte et la mise en valeur du patrimoine géologique suisse le décrit comme un "*Ensemble de pratiques, d'infrastructures et de produits visant à promouvoir les sciences de la Terre par le Tourisme*" (in Pralong, 2006). Cette définition insiste sur la diversité des outils de médiation qui peuvent être élaborés lors de la mise en valeur de géosites.

D'autres chercheurs sont plus concis. Ainsi, David Newsome, de l'Université Murdoch de Perth, spécialiste de l'impact des pratiques géotouristiques et Ross Dowling, directeur du laboratoire de tourisme de l'Université Edith Cowan, spécialiste de l'écotourisme s'accordent sur la définition suivante : "*a specialized form of tourism in that the focus of attention is the*

geosite " (Newsome, Dowling, 2006). Seul l'objet du géotourisme est définit, l'ensemble des pratiques qui y sont associées relevant de façon implicite de celles du tourisme.
Bernie Joyce, géologue à l'Université de Merlbourne propose lui : "*Geotourism is ecotourism or tourism related to geological sites and features, including geomorphological sites and landscapes*.".Lui aussi semble se focaliser sur les objets sur lesquels s'appuie le géotourisme.

Trois facettes vont progressivement être introduites dans les définitions données par les auteurs qui, les premiers, ont investi ce nouveau champ de recherche. Ainsi, Thomas Hose, chercheur à l'Université Buckinghamshire de Londres, spécialiste de l'interprétation des sites géologiques parle du géotourisme comme: "*The provision of interpretative and service facilities to enable tourists to acquire knowledge and understanding of the geology and geomorphology of a site beyond the level of mere aesthetic appreciation* " (Hose, 1996).
Quelques années plus tard, il précise sa conception en insistant sur les objectifs qui doivent être ceux des promoteurs de cette forme de tourisme : "*the provision of interpretative facilities and services to promote the value and social benefit of geologic and geomorphologic sites and their materials and to ensure their conservation, for the use of students, tourists and other casual recreationnalists* " (Hose, 2000).
Cette seconde définition donne une importance reconnue à la préservation du patrimoine géologique sur lequel s'appuie la pratique touristique.

Cette définition montre que le géotourisme repose sur trois piliers :

- **Des ressources** : géotopes, naturels ou anthropiques dûment validés par une expertise scientifique ;
- **Des acteurs** qu'ils interviennent dans les processus de valorisation, comme les médiateurs, accompagnateurs en montagne, guides ou muséographes ou que celle-ci leur soit destinée le public dans les différentes acceptation du terme ;
- **Des moyens et des outils** qui sont indispensables à la conservation des sites ou des objets géologiques, à leur aménagement, sentiers, musées, fascicules didactiques…

Nous avons choisi de le définir ainsi :
« ***Le géotourisme est une niche touristique qui a pour objectif de promouvoir auprès du plus large public le patrimoine géologique, au travers de pratiques ludiques, culturelles ou sportives s'inscrivant dans des démarches à la croisée de l'écotourisme et du tourisme culturel. Il s'appuie sur une ressource territoriale clairement identifiée, reconnue par les géoscientifiques et dont la protection a été assurée avant sa mise en tourisme. Il mobilise un large réseau d'acteurs qui interviennent dans les différentes étapes du processus de valorisation : géoscientiques et médiateurs, acteurs du tourisme et bien sûr, acteurs des territoires dont la société civile à part entière. Il génère des pratiques, des outils et des infrastructures qui participent au développement durable des territoires concernés.*** »

Le développement d'un produit géotouristique va donc nécessiter de faire travailler ensemble, outre les politiques locaux soutenant le projet, des spécialistes de différents domaines de recherche : des scientifiques, des médiateurs scientifiques, et enfin des acteurs du tourisme et des territoires. Bien que revendiquant des particularités qui lui sont propres, le géotourisme s'inscrit donc bien au cœur des pratiques touristiques mais comment le situer par rapport à celles qui lui sont les plus proches ?

4.1.2 Place du géotourisme par rapport aux autres formes de tourisme

Le géotourisme, nouveau venu dans la sphère de l'offre touristique se situe à la croisée de plusieurs formes de tourisme, relevant toutes du tourisme de découverte qui s'appuie

principalement sur les aménités du territoire qui sont : "*les attributs, naturels ou façonnés par l'homme, liés à un territoire et qui le différencient d'autres territoires qui en sont dépourvus*" (OCDE, 1999). Il répond à l'évolution des demandes et des besoins de la clientèle. Une étude prospective réalisée à l'échelle internationale à la fin des années 90 (Morucci, 2003) montre que le tourisme du XXIe siècle devra répondre aux besoins "*d'Environment and clean nature (91 %), d'Educational tourism, culture and history (83 %), d'Event and Mega Event (78 %) et d'Entertainment and fun (69 %)*" Les quatre E succèdent aux 4 S (Sand, Sea, Sex, Sun) des années 70 et renforcent la perspective des 3R des années 90 (Ressourcement, Rupture et Retrouvailles).
A l'interface de l'écotourisme et du tourisme culturel, le géotourisme intègre parfaitement ces nouvelles attentes des clientèles s'inscrivant ainsi comme une déclinaison du tourisme durable.

4.1.2.1 Le géotourisme, une nouvelle déclinaison de l'écotourisme

En 1995, lors de la Conférence de Lanzarote sur le tourisme durable organisée par le PNUE, l'UNESCO, l'OMT et le Gouvernement espagnol, fut arrêtée la Charte du Tourisme Durable. Celle-ci stipule que *"le développement touristique doit reposer sur des critères de durabilité ; il doit être supportable à long terme sur le plan écologique, viable sur le plan économique, et équitable sur le plan éthique et social pour les populations locales. (…) Le tourisme étant un puissant instrument de développement, il peut et doit jouer un rôle actif dans la stratégie de développement durable. Une bonne gestion du tourisme doit donc garantir le caractère durable des ressources dont cette activité dépend."*
C'est dans ce cadre qu'est apparue la notion d'écotourisme. Dans une première définition, formulée en 1996 par l'UICN, l'accent est mis sur le côté participatif de l'écotourisme et le rôle que doivent jouer les communautés locales dans son organisation. L'Année Internationale de l'Ecotourisme, en 2002, a permis d'en élaborer une définition plus complète. Cette dernière englobe les principes du tourisme durable en ce qui concerne les impacts de cette activité sur l'économie, la société et l'environnement. En outre, elle comprend les principes particuliers suivants qui la distinguent de la notion plus large de tourisme durable :
-*" l'écotourisme contribue activement à la protection du patrimoine naturel et culturel et s'accompagne de retombées négatives limitées sur l'environnement naturel et socioculturel ;*
- *il inclut les communautés locales et indigènes dans sa planification, son développement et son exploitation et contribue à leur bien-être ;*
- *il propose aux visiteurs une interprétation du patrimoine naturel et culturel ;*
- *il se prête mieux à la pratique du voyage individuel ou en groupes restreints, organisés généralement par de petites entreprises locales spécialisées."*
De façon plus concise, l'écotourisme est axé sur la *nature*, comporte une *composante éducative*, reste à taille « humaine » et répond au principe de *durabilité* (Berger, 2007).
La Société Internationale de l'Ecotourisme (TIES) donne, de celui-ci, la définition suivante : *"L'écotourisme est une visite responsable dans des environnements naturels où les ressources et le bien-être des populations sont préservés."* Dans cette perspective, l'écotourisme assure la protection des zones remarquables par la gestion des flux touristiques, la connaissance de la ressource par la conduite de programmes de recherche, l'éducation des touristes ou des habitants par le développement d'outils de médiation scientifique, la participation de la population locale par la formation des guides, l'hébergement chez l'habitant… Et bien sûr la pérennisation du produit par la mise en place d'une conservation efficace.
Les pratiques écotouristiques auxquelles se rallie le géotourisme sont principalement la visite de sites naturels ou liés au travail de l'homme comme les gorges, canyons, grottes, mines ou carrières ainsi que le parcours de sentiers d'interprétation qui mettent en réseau un ensemble de géotopes tels que des affleurements, des gîtes fossilifères, des ensembles glaciaires, et des paysages. Les clés de compréhension de ces géosites sont alors apportées soit par des médias

interprétatifs élaborés par des spécialistes soit par un accompagnement pour lequel des guides auront été formés à la connaissance spécifique des milieux parcourus.
En dehors de sites naturels, le géotourisme est partie prenante du tourisme culturel et de ses différentes déclinaisons qui ont vu le jour plus ou moins récemment.

4.1.2.2 Le géotourisme, une nouvelle déclinaison du tourisme culturel

Le tourisme culturel est un déplacement d'au moins une nuitée dont la motivation principale est d'élargir ses horizons, de rechercher des connaissances et des émotions au travers de la découverte d'un patrimoine et de son territoire. La culture est ici prise en compte dans sa double dimension, humaniste, comme participant du développement harmonieux des facultés de l'individu et comprenant alors l'ensemble des connaissances qu'il acquiert et des créations qu'il réalise ; et sociale, équivalente alors au terme plus général de « civilisation » (Emmanuel, 1980). On peut lui ajouter une troisième dimension, la culture déclarative, qui répond à la revendication d'une identité de groupe, dans notre cas celle des passionnés de géologie, des paléontologues amateurs (Poulot, 2006).
Par extension, on y inclut les autres formes de tourisme où interviennent des séquences culturelles. Le tourisme culturel est donc *"une pratique culturelle qui nécessite un déplacement d'au moins une nuitée, ou que le déplacement va favoriser"* (Origet du Cluzeau, 2007).

C'est un tourisme qui puise ses racines dans le "Grand Tour" étape incontournable de l'éducation des jeunes aristocrates anglais dès la fin du XVIIe siècle. C'est aussi un tourisme qui véhicule une image de qualité pour les territoires. Il s'appuie sur des patrimoines matériels : architecture, muséums, écomusées… et immatériels : culture, savoir-faire, événementiels… L'Organisation Mondiale du Tourisme estime sa part de marché à 6 à 7 % des déplacements touristiques c'est donc une niche touristique à part entière. Cette pratique est une opportunité pour la culture puisque 60 % des entrées de musées en France proviennent du tourisme, dont 34 % de touristes étrangers et 24 % de touristes français. Il se pratique tout au long de l'année sans dépendance saisonnière au contraire de certaines pratiques liées au tourisme vert ou de nature qui seront réservées, dans les Alpes à la saison d'été ou d'hiver. Il favorise un brassage culturel qui renforce les identités locales. Le tourisme culturel s'adresse à un public toujours croissant et 1/3 des français, par exemple, ont visité un site culturel en 2004. En réponse à cela, dans le cadre de la diversification de la notion de patrimoine, l'offre s'est considérablement développée depuis une trentaine d'années. Il existe actuellement en France plus de 1000 écomusées. Les jardins, les entreprises et sites industriels, les sites archéologiques s'ouvrent aussi à cette forme de tourisme.

Le rapprochement des acteurs du tourisme avec ceux de la culture a nécessité une phase d'adaptation. Lorsqu'en 1987, une convention de partenariat a été signée en France, entre le ministère de la culture et celui du tourisme, les réticences sur le terrain étaient bien présentes. Les acteurs culturels plaçaient la protection du patrimoine au cœur de leur préoccupation et ceux du tourisme bien sûr le touriste au cœur de leur pratique. Les premières études sur les retombées économiques du tourisme culturel montrent que seulement 3 % de la dépense touristique reviennent à la culture par le biais des entrées dans les musées. Le reste profite au territoire dans le cadre de la logistique touristique qui y est associée : hébergement, restauration, achats divers…dopant ainsi l'économie locale.

Plusieurs déclinaisons de ce tourisme culturel intéressent notre propos. Le tourisme scientifique prend ses racines dès le XVIIIe siècle dans la visite des premiers cabinets de curiosités puis très rapidement des premiers muséums d'histoire naturelle (Rochas, 2008). Il connaîtra un essor remarquable avec les premières expositions universelles où la science mais

aussi l'industrie, les découvertes liées aux grands voyages sont exposés avec le plus grand faste à un public international venu en grand nombre. A l'aube du XXe siècle quelques réalisations remarquables : Crystal Palace à Londres ou bien Le Palais de la Découverte à Paris mettent la science à l'honneur. Mais les événements qui bouleversèrent ce siècle ont ralenti le développement de cette offre touristique jusqu'au renouveau observé à partir des années 1970. Renouveau à mettre en relation avec deux phénomènes : l'apparition en Europe de nouvelles formes muséales, et la naissance du tourisme industriel. Alors que dans toute l'Europe les sites industriels et miniers ferment leur porte ne laissant derrière eux que friches et désertification, des acteurs locaux s'emparent de ce champ laissé libre pour travailler au devoir de mémoire ou réfléchir au renouveau économique de ces patrimoines en développant leur mise en tourisme. Parallèlement, alors que l'offre muséale liée aux muséums d'histoire naturelle ne suffit plus à répondre aux attentes des publics venus à la découverte de territoires en relation avec leur environnement, de nouveaux outils de médiation apparaissent avec les écomusées, musées de sociétés et autres représentants de la nébuleuse muséographique qui se développent principalement à partir de la seconde moitié du XXe siècle. Dans ce courant, et afin de renforcer l'offre liée spécifiquement à la diffusion du savoir scientifique, apparaissent, à partir des années 1970, les Centres de Culture Scientifique Technique et Industrielle (CCSTI). L'ensemble de ces supports va permettre de construire une offre de tourisme culturel spécifiquement centrée sur le patrimoine géologique.

Ainsi, le géotourisme se trouve à la croisée de nombreuses formes de tourisme, au sein desquelles il a dû progressivement affirmer sa place spécifique (Figure 2.1).

Pour autant, cette distinction ne peut pas toujours être clairement aussi bien établie. Parcourir le sentier des sirènes dans la réserve géologique de Haute-Provence relève sans conteste du géotourisme mais traverser les gorges de Trümmelbach à Stechelberg dans le canton de Berne relève davantage de la visite à grand spectacle d'un site naturel même si celui-ci doit son existence à des processus géomorphologiques encore en action.

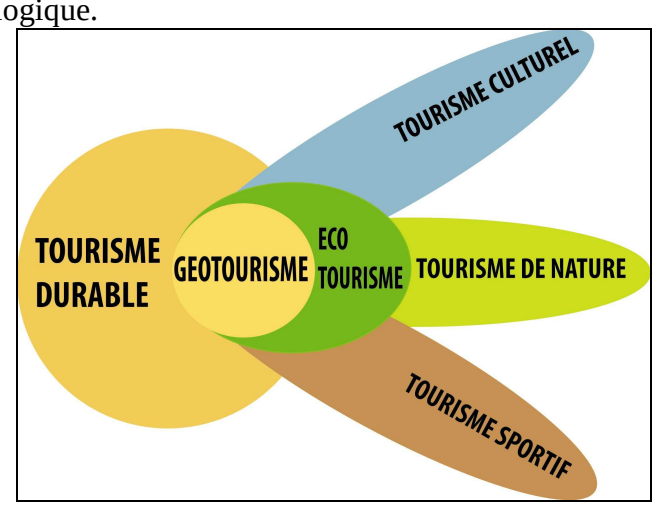


Figure 2.1 : Positionnement du géotourisme par rapport à l'évolution de l'offre touristique

D'où l'importance de mieux cerner les éléments indispensables à la mise en place d'une offre géotouristique.

4.2 Ingrédients du géotourisme

L'analyse précédente a permis de déterminer les principaux éléments constitutifs du géotourisme :

- **des ressources** : géotopes, naturels ou anthropiques dont l'histoire géologique a été décryptée par des scientifiques et qui ont fait l'objet d'un processus d'évaluation, et de mesures de protection,
- **des acteurs** : qu'ils interviennent dans les processus de valorisation (élus, médiateurs, professionnels du tourisme…) ou que cette valorisation leur soit destinée (publics cibles),
- **des moyens et des outils** qui sont indispensables à la conservation des sites ainsi qu'à leur mise en valeur géotouristique (aménagements *in situ* : sentiers d'interprétation, musées de sites… ou *ex situ* : musées…)

Les différentes relations qui unissent ces éléments sont schématisées dans la figure ci-dessous :

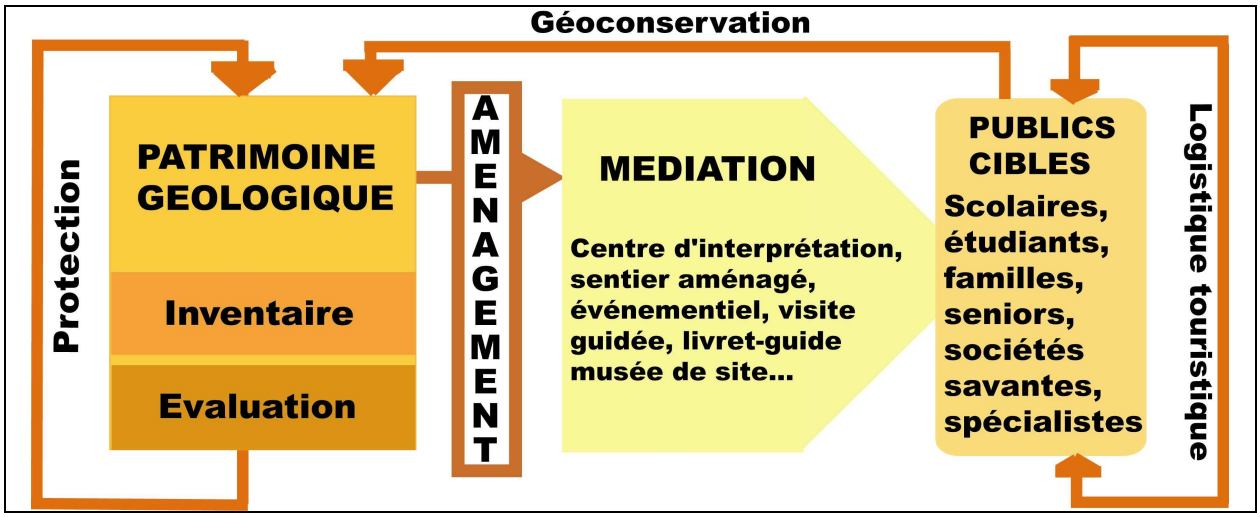


Figure 2.2 : Les différents ingrédients du géotourisme

4.2.1 Le patrimoine géologique

Certains sites géologiques ont acquis un statut patrimonial par leur représentativité exceptionnelle comme les empreintes de dinosaures retrouvées à Courtedoux dans le Jura Suisse. Dans d'autres cas la patrimonialisation a nécessité une lutte opposant des intérêts contradictoires comme pour le Puits de Messel en Allemagne. La plupart du temps, cette reconnaissance s'appuie sur des ressources « latentes » qui nécessitent avant tout d'être requalifiées (Peyrache-Gadeau, 2001). Dans l'objectif d'une prise en compte plus systématique de ce patrimoine s'appuyant sur des démarches qui commencent à être reconnues et validées, trois étapes se succèdent : une phase d'inventaire et d'identification, une phase d'évaluation et enfin une phase de mise en protection si nécessaire, et de *« porter à connaissance »*. Les deux premiers aspects ne sont pas évoqués dans ce travail car ils ont déjà fait l'objet de nombreuses recherches conduites en particulier par l'équipe d'Emmanuel Reynard à la Faculté des Géosciences de l'Université de Lausanne, ceux de Viola Maria Bruschi du département CITIMAC de l'Université de Cantabrique (Bruschi, 2005) ainsi que ceux de Paulo Perreira de l'Université de Minho au Portugal. Le troisième a été largement abordé au travers de l'étude chronologique des dispositifs juridiques mis en place en faveur de ce patrimoine dans les différents pays considérés.

Il reste toutefois à définir la typologie des sites qui seront retenus pour l'inventaire réalisé, dans le cadre de ce travail, au sein de l'arc alpin. Seuls sont pris en compte les objets ou géotopes faisant l'objet d'une mise en valeur touristique. Une première catégorie regroupe des géotopes naturels ou artificiels qui peuvent être valorisés *in situ*. Ce sont les gorges, grottes, et canyons pour les sites naturels et les mines et carrières pour les sites anthropiques. Une seconde catégorie regroupe des collections qui font l'objet d'une mise en valeur au travers d'une interface muséographique qui peut, dans le cas des musées de site, être elle aussi réalisée *in situ* interprétant directement un affleurement fossilifère remarquable ou bien un stratotype par exemple. Dans la plupart des cas cependant, les objets géologiques ne pouvant être approchés pour des raisons de difficultés d'accès ou de dangers objectifs, ils sont alors valorisés *ex situ* dans des écomusées, des archéoparks… Les collections, qu'elles regroupent des fossiles, des minéraux ou des cristaux seront donc découvertes en dehors de tout lien avec le milieu où les échantillons ont été récoltés, dans les muséums d'histoire naturelle par exemple. Enfin, une dernière catégorie regroupe des géosites, donc un ensemble de géotopes qui ont été regroupés dans un sentier d'interprétation en fonction de critères qui peuvent relever de leur représentativité d'une phénomène géologique à l'échelle d'une vallée (géomorphologie

glaciaire), d'un versant (glissement de terrain) ou d'un massif entier (reconstitution paléogéographique)…
Quel que soit le type de patrimoine géologique considéré, sa mise en tourisme nécessite au préalable d'en assurer la protection afin d'éviter les dégradations naturelles mais surtout celles susceptibles d'être provoquées par les touristes.

4.2.2 Géoconservation et aménagement des sites géologiques

Deux aspects sont à prendre en compte dans l'adaptation des sites géologiques à leur usage touristique : tout d'abord l'ensemble des aménagements qui va permettre de limiter leur vulnérabilité face à l'exploitation touristique on parle alors de géoconservation, et ceux nécessaires à leur accessibilité ainsi qu'à la médiation qui doit les accompagner. Cette prise en compte de la nécessité de protéger la ressource afin d'y développer un tourisme durable est assez récente. Par le passé, un certain nombre de mise en exploitation touristique a conduit à la dégradation irréversible de sites prestigieux : taille d'escaliers dans des planchers stalagmitiques ou accumulation de suie sur les parois de la grotte de Postojna en Slovénie, suie provenant des torches utilisées par les visiteurs.
Heureusement, depuis quelques années, outre la protection juridique évoquée dans le premier chapitre de ce travail, de nombreux progrès techniques ont été accomplis afin d'ouvrir dans les meilleures conditions les sites géologiques remarquables au public.
Dans l'exemple des traces de dinosaures de Barkhausen (Figure 2.3), l'un des géotopes phares du géoparc de Terra Vita, dans le Nord-ouest de l'Allemagne, déjà cité dans la première partie, des travaux de dégagement ont dû être conduits en 1921 après la découverte des premières traces par les géologues. Dans un second temps, la carrière a été protégée par la loi en 1982. Enfin, en 2000 des travaux de protection des empreintes (toit en verre, butée de dérivation du ruissellement, barrière de protection, imprégnation du calcaire par de la résine durcissante) ont été conduits. La valorisation touristique a pu se faire ensuite en équipant le site de panneaux d'interprétation ainsi que d'un modèle en taille réelle d'un sauropode carnivore dont les empreintes figurent sur la paroi.

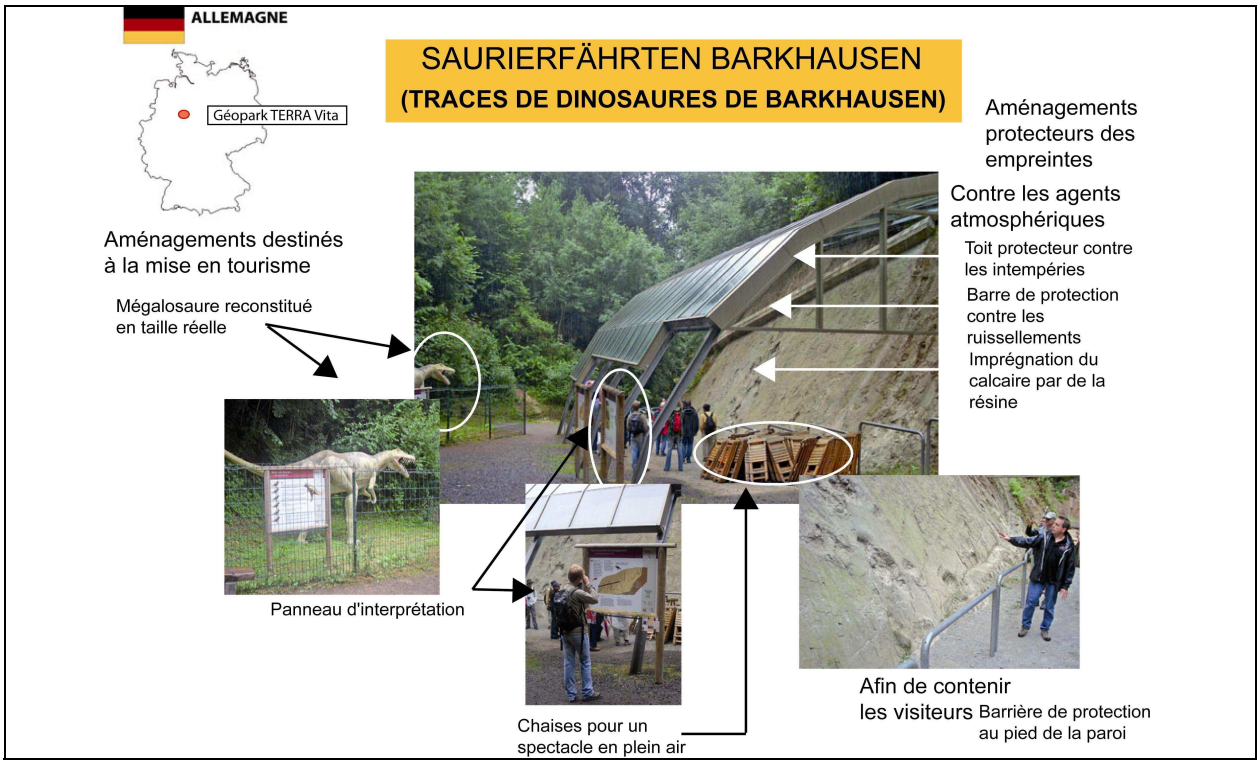


Figure 2.3 : Aménagements du site des empreintes de Dinosaures de Barkhausen

Parfois se pose la question de la pertinence de la désignation au plus large public de sites qui ne pouvant être surveillés en permanence, pourraient alors être l'objet de pillages irrémédiables. Il apparaît cependant que, la plupart du temps, ce « *porter à connaissance* » a plutôt conduit à la préservation des sites ainsi désignés. Mais, même dans les sites les mieux surveillés, la tâche n'est pas simple, ainsi, les gestionnaires du parc national Petrified Forest en Arizona estiment qu'environ 12 tonnes de bois pétrifiés sont subtilisés par les visiteurs chaque année. Dans une étude conduite au début des années 2000, plusieurs raisons sont invoquées afin d'expliquer le comportement « déviants » de certains visiteurs, entre autre : la volonté même de transgresser l'interdit, le manque d'informations sur l'impact de ces actes de pillage, et le fait de penser que dans son propre cas l'interdiction ne se justifie pas. Les enquêtes conduites auprès des visiteurs montrent que beaucoup reste à faire afin que ceux-ci comprennent l'impact de chaque prélèvement, même d'un simple échantillon, pour l'ensemble du site (Widner, 2003).

L'un des secteurs géotouristiques le plus avancé sur ces question de protection de la ressource, certainement en raison de l'ancienneté de cette forme de géotourisme, est celui des grottes aménagées. En effet, la vulnérabilité de l'environnement karstique à la présence humaine est importante, d'autant plus d'ailleurs que le flux de visiteurs le sera. Selon Heaton, (1986), les grottes peuvent être classées en trois catégories suivant leur niveau énergétique élevé, moyen ou faible. Pour chacune de ces catégories l'énergie supplémentaire apportée par le flux touristique générera plus ou moins de perturbations. Les perturbations les plus importantes sont observées dans les cavités à faible niveau énergétique même avec une faible fréquentation touristique, la grotte de Lascaux en étant une parfaite illustration. Il est nécessaire, avant toute transformation d'une cavité naturelle en une cavité touristique, ou bien lors du réaménagement de l'une de celles-ci, de déterminer la capacité de charge, c'est-à-dire le flux de visiteurs susceptible d'être accueilli sans que soient perturbés irréversiblement les paramètres physico-chimique de la grotte (Cigna, 2002). Pour cela, l'enregistrement, en continu, de plusieurs paramètres doit être réalisé afin de connaître les paramètres naturels de la cavité (Fernandes-Cortés, 2006). La fréquentation humaine des cavités est source de trois types de perturbations : thermique, chimique et biologique (Cigna, 2000 a). Nous ne retiendrons ici, à titre d'exemple, que les perturbations thermiques, afin d'évoquer les modes de gestion qui permettent d'en minimiser les répercussions. L'élévation de température liée à la déambulation de centaines voire de milliers de personnes perturbe les paramètres de l'air circulant dans une grotte. Ainsi, la grotte de Castellana, en Italie, qui accueille près de 250 000 visiteurs chaque année a connu en l'espace de 22 ans d'exploitation touristique, une élévation de température d'environ 3°C (Cigna, 2000 b). Or, ce paramètre thermique conditionne le concrétionnement si la grotte est encore active. Les aménagements doivent donc limiter le temps de parcours dans la grotte par exemple en réalisant une sortie qui évite un trajet aller-retour dans celle-ci. Cette élévation de température est renforcée par l'utilisation de systèmes d'éclairage artificiel, que les progrès techniques ont rendu cependant moins calorigènes (Cigna, 2000 b).

Les quelques exemples développés ici, sont bien loin d'illustrer l'ensemble des pratiques de terrain (Maubert, 1984). La géoconservation des sites est encore une science récente et peu de données de synthèse sont disponibles même si grâce au travail d'organismes comme l'Atelier Technique des Espaces Naturels des ateliers pratiques ont pu être réalisés dans différents sites afin de partager les expériences des gestionnaires de réserves naturelles en matière de protection *in situ*, pour les stratotypes en particulier.

4.2.3 La mise en tourisme des objets géologiques

Selon Courlet et Pecqueur (2001) *" L'attractivité d'un territoire ainsi que sa permanence sont d'autant plus forts qu'il dispose de ressources et d'actifs spécifiques (…)*

L'existence de ces « spécificités territoriales » (…) échappent partiellement à une concurrence par le marché." L'activation de ces ressources dans un projet de développement peut servir à l'élaboration d'un système local d'offre. Le territoire devient alors un produit construit pour lequel, un réseau d'acteurs a su dégager une identité sur laquelle va pouvoir, dans le cas de la ressource spécifique du patrimoine géologique, s'appuyer une offre touristique innovante (Peyrache-Gadeau, 2004). La diversité du patrimoine géologique considéré comme ressource territoriale peut être décrite comme un ensemble de géotopes s'inscrivant entre deux pôles représentés par le patrimoine naturel d'une part et le patrimoine industriel de l'autre. L'offre géotouristique qui va se développer autour de ces sites s'articule elle aussi entre deux pôles qui vont du tourisme vert, sportif ou de nature, au tourisme culturel (Figure 2.4).

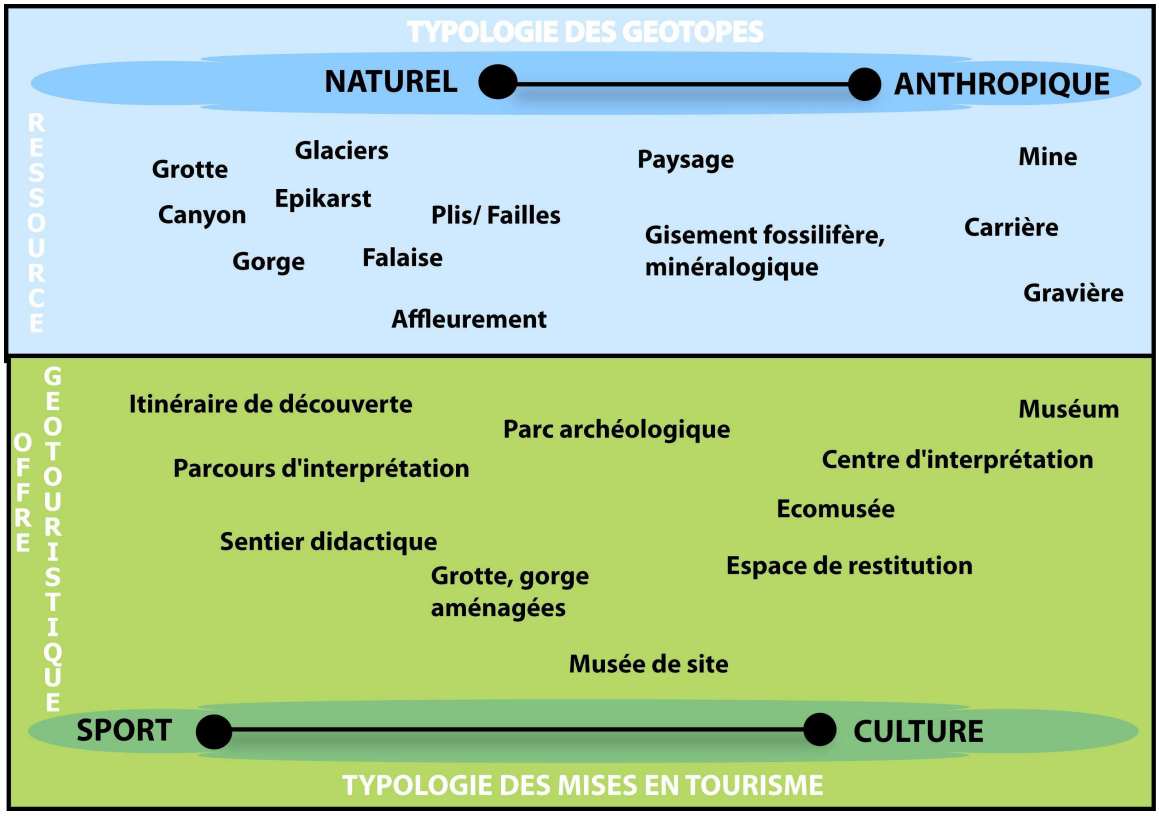


Figure 2.4 : Des géotopes aux géosites aménagés

4.2.3.1 Les objets géotouristiques *in situ* : les géosites naturels et anthropiques

- **Les géosites naturels :**

<u>Les cavités karstiques :</u>

Selon Zhang et Jin (1996), il existe actuellement près de 800 grottes aménagées dans le monde qui accueillent environ 170 millions de visiteurs par an et génèrent un chiffre d'affaire de quelque 1,5 milliards de dollars. On estime que près de 100 000 personnes travaillent de façon directe à l'exploitation d'une cavité touristique auxquelles il faut ajouter les nombreux emplois indirects générés (Cigna, 2000 b). Ces quelques chiffres permettent de mieux cerner l'impact économique que peuvent avoir certains sites géotouristiques sur les régions au cœur desquelles ils se développent.

De tout temps, les sociétés ont investi le milieu souterrain, à la recherche d'eau ou de glace d'un refuge temporaire ou d'un habitat permanent voire d'un lieu fortifié protecteur. Elles y ont exploité des ressources comme le guano, le minerai de fer ou l'argile, ou bien y ont affiné leurs

fromages ou conservé leurs aliments. Parfois même elles s'en sont servi de charnier et de dépotoir sans connaissance des conséquences de ces pratiques sur la qualité des eaux souterraines qui pouvaient parcourir le karst. Dans certains cas, ces espaces ont atteint la sanctification, et ont généré des pèlerinages, premières formes de tourisme (Gauchon, 1997).
Il faut toutefois attendre le XVIIe siècle pour voir se développer le tourisme souterrain, c'est-à-dire la visite de grotte non liée à des besoins lucratifs ou vitaux (Kranjc, 2002). Précurseur, François Ier, en 1516, visite la grotte de la Balme au cœur des falaises de l'Isle-Crémieu puis, se rendant à Chambéry pour se recueillir sur le saint suaire, il parcourt la grotte des Echelles. En Slovénie, les plus anciennes inscriptions relevées dans la grotte de Postojna datent de 1213. Valvasor publie, en 1689, dans un guide touristique, la première description de cette grotte alors appelée d'Adelsberg mais les paysages souterrains qu'il décrit offrent un aspect fantasmagorique peu engageant. Malgré cela, le milieu souterrain est de plus en plus parcouru, des fêtes y sont même organisées comme dans les grottes d'Osselle en Franche-Comté. Les premiers aménagements sont construits et des guides accueillent les touristes dès 1806 dans les grottes de Baradla en Hongrie. Cette nouvelle forme de tourisme va se développer en suivant l'essor du thermalisme, souvent à l'initiative des collectivités territoriales, les grottes offrant alors un objectif d'excursion pour les curistes (Gauchon, 1997). Mais, sans prise en compte de la fragilité de la ressource, ces premières formes d'exploitation conduiront parfois à des dégradations irrémédiables, certains visiteurs emportant en souvenir des morceaux de concrétions comme dans la grotte de Sirach dans les Pyrénées-Orientales qui sombrera dans l'oubli (Biot, 2006).

Parallèlement les spéléologues puis les karstologues vont eux aussi explorer ce monde souterrain découvrant de nouvelles cavités qui présentent parfois des qualités supérieures aux premières ouvertes au tourisme : concrétionnement spectaculaire des grottes de Dargilan en Lozère aménagées pour le public en 1890, grand volume du gouffre de Padirac ouvert au public en 1898, ou bien rivière souterraine pouvant même être navigable comme à Han-sur-Lesse (Nicod, 1998). A l'origine de ces nouveaux aménagements, des conflits opposeront parfois, les découvreurs aux aménageurs ou aux propriétaires fonciers. Dans tous les cas, cette nouvelle génération de cavités offrira des parcours conçus pour un nombre de visiteurs croissant entraînant des aménagements sources de dégradation des sites : marches taillées dans la roche, élargissement artificiel des galeries par creusement de dépôts sédimentaires ou destruction des parois. De plus, l'installation des premiers éclairages artificiels sera la cause de proliférations végétales indésirables.

La découverte des grottes ornées donne un nouvel élan aux pratiques souterraines dans la première moitié du XXe siècle. Les grottes d'Altamira peuvent être parcourues dès 1921 et celle de Pech-Merle, dès 1924. C'est dans ces grottes que les limites du développement des pratiques touristiques seront les plus visibles. Les perturbations anthropiques causées par les fluctuations thermiques ainsi que l'augmentation de la vapeur d'eau et du taux de CO_2 lié au nombre croissant de visiteurs conduisent à la détérioration des gravures pariétales. La grotte ornée de Lascaux, découverte en 1940, a été ouverte au public en 1948 pour être définitivement interdite à ce même public en 1963, avant l'ouverture d'un fac-similé en 1983 : la raison, une croissance fongique indésirable ainsi que la prolifération de taches de mélanine sur les parois. Malgré la fermeture du site, la croissance de Fusarium solani est toujours d'actualité, et depuis 2001 s'est même soudainement accélérée provoquant la détérioration de 14 des 915 représentations peintes ou gravées. La mobilisation de l'ensemble de la communauté scientifique s'est concrétisée en février 2009 par l'organisation par la Direction de l'Architecture et du Patrimoine du ministère de la Culture et de la Communication un symposium qui a accueilli 268 participants originaires de 18 pays. Les débats ont porté sur les problèmes de conservation en milieu souterrain (Delannoy, 2008).

Parallèlement à un public sans cesse croissant, l'offre de cavités touristiques s'accroît elle aussi, les deux flux atteignant une valeur maximale autour des années 1990. Toutefois, en ce début de XXIe siècle, on observe une certaine stagnation voire un recul de cette pratique touristique, qui a certainement participé au renouveau de l'offre. La qualité des parcours souterrains s'est améliorée en relation avec la mise en place de syndicats professionnels à l'échelon national : Association nationale des exploitants de cavernes aménagées pour le tourisme en France (ANECAT) ou bien l'Association des Grottes Touristiques Italiennes (l'AGTI) ; ainsi qu'à l'échelon international comme l'Association Internationale des Cavernes Touristiques (ISCA).

La visite de ces cavités souterraines aménagées peut être limitée à la découverte d'un milieu minéral dans une simple approche contemplative, on ne peut alors parler de géotourisme ou alors d'un degré zéro de celui-ci. Dans la plupart des cas cependant, on observe l'apparition depuis quelques années de visites guidées avec des accompagnateurs ayant reçu une formation scientifique. Cette avancée est en grande partie liée aux progrès des recherches en karstologie qui ont été menées depuis plus d'un demi-siècle dans la plupart des grottes aménagées. Les guides sont désormais capables de présenter l'origine de l'encaissant, les périodes de creusement de la grotte, les principales caractéristiques de la géomorphologie karstique… La visite devient alors une réelle expérience géotouristique qui intègre les différents ingrédients cités plus haut.

Les gorges et canyons :

Alors que la littérature concernant la mise en tourisme du milieu souterrain abonde, celle concernant les gorges ou canyons fait cruellement défaut. Deux raisons peuvent être invoquées. Les gorges, passages obligés pour circuler d'une vallée à une autre ont, par endroit, été parcourues de tout temps. Cette fonction de passage leur a attribué un statut finalement banal dont elles ne peuvent s'extraire pour devenir une destination touristique. Dans d'autres cas, leur mise en tourisme est assez récente en raison d'une accessibilité rendue possible par des aménagements conséquents à l'origine d'une exploitation commerciale ou bien le contrôle du niveau des eaux conséquence d'un aménagement hydraulique en amont. Le tourisme qui y est développé fait alors une large place au pittoresque occultant trop souvent les aspects géomorphologiques qu'elles peuvent illustrer : traces d'érosion fluviatile, phénomènes gravitaires… Il est d'ailleurs intéressant de noter que si de nombreuses gorges ou canyons sont inscrits au patrimoine mondial de l'UNESCO, comme les gorges de Samaria en Crète, cette catégorie ne figure pas en tant que tel dans la typologie des objets naturels géologiques (Cf. 2.1.1) alors que grottes et karsts en constituent une catégorie à part entière.
Pourtant, ces gorges présentent très souvent un intérêt géologique certain puisque l'érosion y a entaillé des falaises offrant à qui sait l'interpréter une coupe géologique naturelle révélant toute la stratigraphie d'une région. L'exemple le plus célèbre en est bien sûr le grand canyon, que le Colorado a entaillé depuis 7 millions d'années en mettant à nu plus de 2,5 milliards d'années d'histoire géologique de la région depuis les roches métamorphiques situées à sa base jusqu'aux calcaires permiens à son sommet qui datent d'il y a 250 millions d'années.

Les géosites anthropiques :

Mines et carrières :

L'homme exploite sol et sous-sol depuis l'origine des temps afin d'en extraire les matériaux qui lui sont nécessaires. Les roches utilisées dans la construction ou l'ornementation proviennent de carrières à ciel ouvert ou souterraines et les substances énergétiques ainsi que les minerais de mines, elles aussi aériennes ou souterraines. Au travers de cette exploitation qui parfois a perduré durant plusieurs siècles c'est l'histoire entière de certaines régions mais aussi

les paysages, l'architecture ou l'habitat, qui ont été durablement marqués. Guy Baudelle a ainsi montré combien la production minière avait été à l'origine d'un véritable système spatial *" entièrement conçu en fonction des seuls besoins de la mine"* (Baudelle, 1994).

En Europe, dans les années 1970, la crise du secteur industriel a conduit à la fermeture de nombreux sites condamnant le devenir économique de régions entières. Dans le même temps, la financiarisation de l'économie a provoqué une importante dévaluation de l'appareil productif au profit des liquidités boursières, conduisant à une dévalorisation du patrimoine industriel. A partir des années 1980, la légitimisation du profit capitaliste devenu un moteur essentiel de l'activité économique et de la survie des entreprises réhabilite le secteur industriel et les infrastructures locales peuvent alors accéder au statut de patrimoine.

Parallèlement, le développement du tourisme a conduit certaines régions économiquement sinistrées par la disparition de leur tissu industriel à tenter de réorienter leurs activités en direction de cette nouvelle source de revenu (Edwards, 1996). La réhabilitation de ces espaces a coïncidé avec l'apparition d'un nouveau courant muséographique : le musée de société, expérimenté en France par Evrard et de Varine dans la communauté urbaine du Creusot Montceau-les-Mines en Bourgogne (Rasse, 1999). L'émergence de ces musées, à l'interface d'une recherche identitaire de la part de groupes constitués tels les habitants d'un lieu ou bien les ouvriers d'une usine, va permettre à de nombreuses régions en crise de trouver un deuxième souffle. Ils sont, en effet, à l'origine d'une nouvelle expansion économique et de la re-création de liens sociaux permettant, dans certains cas, de lutter contre l'exode des jeunes ou, dans d'autres, de mieux intégrer les nouveaux arrivants. Ce choix d'une patrimonialisation du passé industriel n'a pas été toujours celui suivi par les autorités locales, parfois à la recherche d'un changement radical d'image. Ainsi, à Carmaux, dans le département du Tarn, après la fermeture de la mine en 1997, le puits d'extraction du charbon, d'une profondeur de 230 m a été transformé en une vaste base de loisir multisport. A Noeux-les-Mines, dans le Pas-de-Calais, le terril a été réhabilité en piste de ski synthétique (Deshaies, 2008). Dans la plupart des sites toutefois, c'est la mémoire qui a prévalu et le développement du tourisme s'est appuyé sur la reconnaissance de l'histoire industrielle comme patrimoine à part entière de nos sociétés. Ainsi, dans le Nord de la France, les élus locaux ont décidé de faire inscrire l'ancien bassin charbonnier au patrimoine mondial de l'UNESCO et dans cette perspective une association : Bassin Minier Unesco 2005 a été créée. Elle a remis en 2005 à l'Etat français le dossier de candidature en vue de son inscription. Cette patrimonialisation fait écho à deux courants émergeants : celui d'un repli identitaire, face à la globalisation de l'économie (Absi, 2004) et celui du devoir de mémoire qui depuis quelques années généralise le recueil de diverses sources, celles d'individus, mais aussi d'archives industrielles.

En 1982, le ministère de la culture en partenariat avec le CNRS a lancé un programme de recherche (HO3/P25) concernant les mines et métallurgie avec pour objectif de retracer l'histoire des techniques d'exploitation et de transformation des minerais depuis l'époque proto-historique jusqu'aux temps modernes, de mieux comprendre les processus à l'origine des évolutions techniques et de reconstituer les évolutions sociales liées à l'exploitation des ressources souterraines (Cowburn, 1998). Plus récemment, le programme Interreg MINET s'est intéressé à la mise en tourisme d'anciennes mines. Regroupant 5 sites à travers l'Europe : en Grande-Bretagne, France, Irlande, Italie, Espagne, ce programme a permis de créer un réseau européen du patrimoine minier. En 1999, des délégations se sont rendues dans les différents sites afin de comparer les aspects concernant la préservation mais aussi les aménagements nécessaires à l'exploitation touristique. En effet, l'aménagement en milieu souterrain nécessite une expertise spécifique : taille des galeries, ventilation, sorties de secours, stabilité des parois…(Cowburn, 1999) Plus récemment, mais dans un cadre plus élargi le programme des

routes européennes du patrimoine industriel (European Route of Industrial Heritage), à l'initiative du Land de Rhénanie du Nord -Westphalie a bénéficié de 2,6 millions d'euros des fonds Interreg IIC pour la mise en réseau d'anciens sites industriels dans l'objectif de créer des routes virtuelles et des itinéraires touristiques donnant à découvrir l'histoire de l'industrie textile, minière, du fer et de l'acier, de l'eau…. Le projet associe treize partenaires allemands, anglais, néerlandais et belges. Il propose à partir de « points d'ancrage » qui sont des sites reconnus pour la qualité de leur offre touristique, liée à une histoire industrielle, des itinéraires dont la qualité a été évaluée afin de faire partie du réseau. L'offre touristique à l'origine dispersée tant géographiquement que par les thèmes présentés trouve ainsi une cohérence par cette mise en réseau à l'échelle européenne. Ce programme qui vise au développement économique et social participe aussi à renforcer les échanges entre pays européens (Deshaies, 2007).

D'après une enquête conduite, en 2007, dans le cadre du projet Iron route auprès de 54 mines touristiques réparties dans 10 pays européens, la majorité des exploitations ont cessé leur activité au cours des années 1980. Les projets de reconversion ont alors accompagné cette cessation d'activité, principalement à l'initiative des autorités locales et donc soutenues par des financements publics (Busolini, 2007). Bien qu'apparues récemment dans l'offre géotouristique, ces mines et carrières ont rapidement conquis un public intéressé par cette expérience du monde souterrain qui se conjugue avec l'histoire industrielle qui a donné toute son identité à certaines régions.

Les sentiers d'interprétation :

La randonnée occupe une place de choix dans l'ensemble des activités réalisées par des touristes et face à cette demande tous les sites touristiques se sont équipés d'itinéraires, de la simple promenade à la randonnée sportive. Le développement des sentiers thématiques, de découverte, didactiques ou parcours d'interprétation, la liste n'étant pas exhaustive, a permis à partir des années 1970, souvent sur le territoire d'espaces naturels protégés, de conjuguer les objectifs d'information et d'éducation à l'environnement avec l'essor des pratiques sportives de pleine nature.

L'origine de ces sentiers à thème est bien sûr plus ancienne puisque le premier « geotrail » urbain a vu le jour, en Angleterre, en 1881 à Rochdale (Lancashire). En 1925, les Etats-Unis en ont créé un dans le Parc National Palisade Intestate et en 1930, l'Allemagne, dans la forêt de Bredower dans le Land de Brandebourg. A partir des années 1960, ces créations se généralisent. Ainsi, l'Allemagne possède 1080 sentiers à thèmes dont la majeure partie se situe en Bavière où l'on en compte 1 pour 194 km^2. Les principaux thèmes abordés sont : la forêt (35 %), les biotopes (28 %), les paysages (18 %), la géologie et la géomorphologie (7 %), l'histoire (5,5 %) et des thèmes multiples pour les 6,5 % restant (Kestler, 2005). En Autriche il en existe plus de 700, 9 % d'entre eux portant sur la géologie (Eder, 2007). Dans ce pays un portail internet a été créé par le ministère de l'environnement donnant accès par régions et par thème à une base de données de 350 de ces sentiers (*http://lehrpfade.lebenministerium.at*). Quant à la Suisse, *Suisse tourisme* recensait 300 sentiers à thème en 1999 (Rohn-Brossard, 2006). Après la phase de croissance de cette offre qui a connu son apogée dans les années 1990, le marché commence à être saturé par endroit.
Différentes signalétiques sont utilisées : les panneaux interprétatifs qui parfois atteignent des tailles incompatibles avec le respect du paysage (Figure 2.5), des balises chiffrées qui nécessitent d'être en possession d'un fascicule d'interprétation donc un minimum d'organisation dans la préparation de la sortie.

Ces différents supports sont diversement appréciés par les visiteurs, en effet, dans son étude sur l'évaluation de l'offre dérivée auprès de publics cibles, Jean-Pierre Pralong montre que dans le cas des gorges de la Diosaz, dans le Valais 40 % des visiteurs plaident en faveur de panneaux didactiques, 27 % pour des livres ou brochures et 15 % pour des visites guidées (Pralong, 2006).

Figure 2.5 : Sentier didactique sur le pastoralisme en Italie

Un certain renouveau de cette offre de sentier est en train de voir le jour. Deux extrêmes apparaissent : la disparition de la signalétique de terrain remplacée par des guides GPS-touristiques numériques ou bien au contraire la création de véritable mobilier de sentier permettant de développer l'offre d'interprétation en rendant le randonneur actif dans sa découverte. Le développement récent des guides numériques portables offre, en plus d'une information multimédia embarquée de grande qualité un guidage GPS qui assure la sécurité au marcheur.

Le Geopark Naturtejo au Portugal a développé un premier produit en direction des téléphones portables, (Baucon, 2008) (Figure 2.8), le parc naturel du Teutoburger-Wald en Allemagne a lui réalisé avec l'aide de la société World–Habitat, trois produits disponibles sur des assistants personnels qui peuvent être loués sur place pour la journée. A destination du grand public ou bien de scolaires, les guides permettent de découvrir différents milieux naturels présents dans le parc (Barth, 2008). En France, la société Camineo propose déjà de nombreux produits tournés vers l'interprétation de sentiers thématiques naturels, historiques ou littéraires. Elle a développé aussi un outil pour la découverte du milieu ligérien sur l'itinéraire de la Loire à vélo (communication personnelle Xavier Zimmerman, fondateur de Camineo). Le parc naturel régional du Haut-Jura, dans le cadre d'un programme Leader du nom de Mappemonde, conduit avec le parc naturel l'Alto Bellunese des Dolomites, a développé un audioguide-GPS qui propose des itinéraires à parcourir à pied, en raquette ou en voiture. Le guide numérique en location dans les maisons du parc propose de nombreuses informations naturalistes et renouvelle pour un public familial l'intérêt des adolescents pour la randonnée (Figure 2.6)

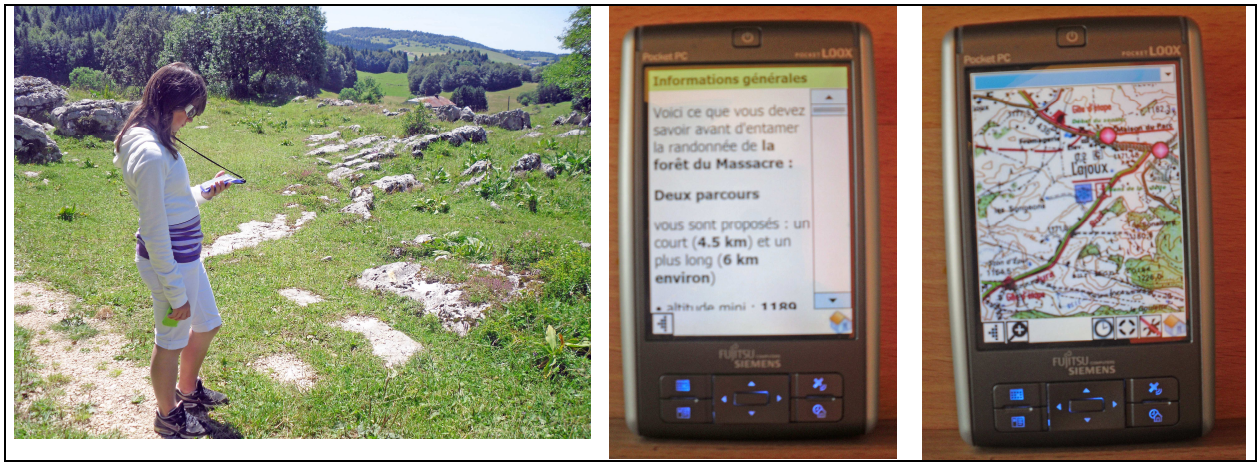


Figure 2.6 : Randonnée dans la forêt du massacre avec l'audioguide-GPS multimédia du PNR Haut-Jura

Quelle que soit la solution adoptée, la création d'un sentier thématique fait largement appel à la didactique de l'éducation non formelle, principalement basée sur les méthodes de l'interprétation (Bringer, 1996).

Très peu d'auteurs ont étudié les retombées économiques des sentiers à thèmes sur les territoires touristiques où ils ont été implantés. Cette approche est cependant intéressante car à l'instar de l'estimation du nombre de visiteurs gage de rentabilité des musées il est important, pour des collectivités territoriales, souvent à une échelle très locale, de connaître, à moyen terme, les retombées économiques induites par la création et donc le retour sur investissement de ce type d'offre touristique. Une première étude a été réalisée par Irène Küpfer sur les retombées économiques du Parc National Suisse. Elle a démontré que pour 1 CHF investi dans le parc, ce sont 7,70 CHF qui retombent sur le territoire. En effet, plusieurs niveaux de retombées économiques sont à prendre en compte. Tout d'abord, le chiffre d'affaire direct résultant des dépenses réalisées par le touriste en matière d'hôtellerie, de restauration, d'achats divers, de transports publics et de visites payantes qui génère une plus-value directe d'environ 50 %. Dans un second temps, il faut considérer le chiffre d'affaire indirect qui provient de l'économie locale générée par le secteur touristique : construction, ameublement, et tout ce qui relève de la consommation des prestataires et de leurs familles, qui habitent sur le territoire. Ces effets indirects génèrent un chiffre d'affaire évalué à la moitié du chiffre d'affaire direct, à l'origine lui-même d'une plus-value de 50 % de ce montant. Enfin, ce tourisme, génère, localement, des effets induits qui sont liés aux salaires et impôts versés à l'administration. Ces derniers pourront être réinjectés dans l'économie locale sous la forme d'aides publiques, de soutiens divers, à la rénovation de l'hôtellerie… L'évaluation de ces différents chiffres permet de calculer un coefficient multiplicateur qui est ensuite utilisé pour estimer l'impact indirect et induit de la plus-value directe résultant du chiffre d'affaire du secteur touristique dans une région. En Suisse ce coefficient multiplicateur dépend des cantons, il est de 1,81 dans le canton de Berne, de 1,62 dans l'Oberland bernois et de 1,49 en Haute-Engadine, soit un coefficient moyen de 1,6.

Celui-ci a été utilisé par Martine Rohn-Brossard (2006) dans son analyse des retombées économiques des sentiers à thème. Elle a travaillé sur une dizaine de sentiers, répartis dans tout le territoire suisse. Pour chacun d'eux, elle a récolté un certain nombre de données chiffrées : coût d'investissement et coût d'exploitation (qui prend en compte, l'entretien du sentier, mais aussi la publication des plaquettes d'informations, la publicité qui peut en être faite…). Elle a ensuite estimé le chiffre d'affaire direct généré par le sentier en multipliant le nombre de visiteurs annuel par le chiffre moyen des dépenses journalières effectuées par un touriste sur le territoire du sentier (qui dépend entre autre du type d'hébergement rencontré sur place), ce qui lui a permis de calculer la plus value directe annuelle que l'on peut mettre en relation avec la présence d'un sentier sur un territoire. Afin d'obtenir la plus value indirecte et induite générée par cette pratique touristique, elle a utilisé le coefficient multiplicateur fourni par l'administration en charge du tourisme qu'elle a multiplié avec la plus-value directe, précédemment calculée. Une simple division permet alors d'obtenir les retombées économiques locales de la présence d'un sentier d'interprétation (Tableau 2.1).

Sur les 10 sentiers évalués, les retombées sur le territoire vont, pour 1CHF d'investissement de 0,3 CHF, pour le sentier agricole à Zollbrück dans le canton de Bern à 51,2 CHF pour le sentier « Muggestutz » à Hasliberg, là aussi dans le canton de Bern. Cette différence importante peut-être imputée à plusieurs facteurs : la différence de fréquentation touristique de ces deux territoires, mais aussi la différence d'informations, d'animation bref de publicité autour de ces sentiers. Si le premier n'a coûté à sa création que 30 000 CHF, il ne créée pas de retombées sur le territoire alors que le second, beaucoup plus onéreux à l'origine (100 000 CHF) et dans son fonctionnement (15 000 CHF par an), génère des retombées bien plus intéressantes d'où la nécessité de programmer de façon réfléchie la création de ce type d'outil de valorisation touristique d'un territoire, si l'on veut que celui-ci participe à l'économie locale, quelles que soient ses qualités intrinsèques. Départ d'une commune pour inciter aux dépenses locales ou passage par un village au cours de la balade, achat d'un fascicule, d'une carte voire accompagnement sont des éléments à prendre en compte lors de l'élaboration de ce type

d'offre, si l'on veut que les populations locales y voient un intérêt, et pas seulement les nuisances qui pourraient se faire jour.

Le sentier : « Seelensberg » à Heilligkreuz (Canton de Lucerne - Suisse) Durée du parcours : 1 h Stations : 7 Date de création : 2000 avec du bois Lothard Public cible : grand public, famille Auteur : la réserve de Biospère de l'Entlebuch Porteur du projet : Commune de d'Helligkreuz	
Coût d'investissement : 32 500 CHF Coût d'exploitation : 4000 CHF	Coûts totaux sur 10 ans : 72 500 CHF
Chiffre d'affaire direct estimé/an : Nbre de visiteurs x CA moyen/visiteur 2 880 x 33,5 = 96 480 CHF	Plus value directe : (50 % du CA direct)/an 48 240 CHF
Calcul de la plus-value directe, indirecte et induite/an := 1,6 (multiplicateur) x plus-value directe 77 184 CHF	Relation retombées économiques régionales/ coûts totaux après 10 ans : 771 840/72 500 = 10,65 CHF Donc après 10 ans pour 1 CHF investi = 10,65 CHF retombées.

Tableau 2.1 : Adapté de Rohn-Brossard 2006 p.60

En conclusion, les sentiers à thème sont des éléments clés de l'offre géotouristique, ils allient tourisme de nature en incitant à la découverte du milieu et tourisme culturel puisqu'ils participent à l'éducation du randonneur. Apparus récemment dans l'offre touristique, ils ont connu une croissance rapide et diversifiée. On peut toutefois regretter le manque de professionnalisme qui a accompagné certains des projets et s'interroger sur le niveau de saturation de certains territoires par ce type de produit.

4.2.3.2 Les objets géotouristiques *ex situ* : la nébuleuse muséographique

La plupart des sites géotouristiques sont associés à des espaces de médiation que l'on peut rattacher à des muséums, musées, écomusées, espaces de restitution, centres d'interprétation, musées de sites… Face à cette prolifération des qualificatifs il est nécessaire de réaliser une analyse sémantique afin d'établir les relations au sein des éléments de ce thésaurus.
Lors de sa 22ème assemblée générale, le 24 Août 2007, à Vienne, le Conseil International des Musées (ICOM) a réactualisé la définition du terme musée figurant dans ses statuts. "*Le musée est une institution permanente, sans but lucratif, au service de la société et de son développement, ouverte au public, qui acquiert, conserve, étudie, expose et transmet le patrimoine matériel et immatériel de l'humanité et de son environnement à des fins d'études, d'éducation et de délectation.*" (Article 3 – statuts de l'ICOM)
Cette réactualisation fait suite à une succession d'évolutions de cette même définition depuis sa première rédaction en 1946 lors de la création de l'ICOM. D'abord intimement lié à la conservation de collection, le musée a ensuite été considéré comme un instrument de délectation (terme reprit dans la plupart des définitions) et d'éducation des publics (1951) puis de développement des territoires (1971). Ensuite, les définitions ont tenté d'incorporer successivement les nouvelles pratiques allant des centres scientifiques et techniques jusqu'aux institutions de recherche liées aux musées. Puis, face à une liste sans cesse croissante, qui impliquait une définition de plus en plus longue, cette dernière définition, établie en 2007, se recentre sur le cœur de l'institution qu'est le musée et sur ses missions.

Trois étapes principales ponctuent l'histoire de l'institution muséographique (Chaumier, 2003). Reprenons ces étapes en nous intéressant à la muséographie relevant du domaine scientifique. La Renaissance voit naître le cabinet de curiosité qui collecte des objets représentant les trois règnes : animal, végétal et minéral ainsi que des réalisations humaines. L'Encyclopédie de Diderot et d'Alembert explique, en 1751, que ces cabinets doivent être un abrégé de la nature entière ! Leur présentation respecte principalement les rapports symboliques entre les objets. Ils "*participent à l'émergence d'un espace public scientifique mettant en relation savants et érudits d'origines sociale et géographique différentes*" (Rasse, 1999). Mais les critères de choix ne relèvent pas encore d'une analyse scientifique et les objets étranges, monstrueux ont une place à part entière dans ces cabinets. Dans un second temps l'objet est investi d'un signifiant que l'exposition doit révéler au visiteur, la muséographie entre en scène. Avec le XIXe siècle, les muséums d'histoire naturelle voient le jour, à l'initiative, la plupart du temps, à l'échelle locale, de sociétés savantes. Toutefois, l'institutionnalisation de la recherche va dans le même temps créer une rupture entre « *le savant et l'ignorant* » et l'ouverture au public des musées un après-midi par semaine n'y changera rien. Parallèlement, la science se donne en spectacle au cœur des expositions universelles qui drainent un public important dont un grand nombre sont aussi des touristes. Ainsi, la première exposition universelle, qui s'est déroulée en 1851 au Palais de Cristal à Londres attire 6 millions de visiteurs. Ces expositions universelles sont l'occasion de mettre en avant les progrès réalisés par la science mais aussi par le développement industriel. Lors de l'exposition de 1855, qui se tient à Paris, Armand Dufrénoy (1792-1857) et Elie de Beaumont(1798-1874), en charge du levé de la carte géologique en France expose les 20 premières coupures au 1/80 000 qui concerne le Nord du pays. Douze ans plus tard, une nouvelle exposition universelle se tient à Paris, elle rassemble 52 000 exposants et accueille près de 30 millions de visiteurs. Une carte géologique de la France y est exposée, elle comporte 62 coupures au 1/80 000 et occupe un rectangle de 7 mètres de long sur 5 de large. La création du Service de la carte géologique de la France le 1 octobre 1868 doit beaucoup au succès de cette exposition (Médioni, 2003). Au début du XXe siècle, les objets présentés au grand public restent difficiles à comprendre faute de muséographie appropriée, et le public se détourne des musées. A cette époque, on observe peu de créations ou alors qui exacerbent les nationalismes, comme dans les heitmatmuseum en Allemagne, qui vont finir par s'affronter. Il faut ensuite attendre la seconde moitié du siècle pour qu'une nouvelle forme de musée apparaisse, l'écomusée ou musée de société, à l'initiative de Georges-Henri Rivière (1897-1985) concepteur du musée des arts et traditions populaires. Ces musées, qui puisent leurs racines au cœur de communautés rurales ou ouvrières vont ensuite devoir évoluer vers plus de professionnalisme afin de servir les intérêts économiques des territoires. Certains passeront ce cap, d'autres auront plus de difficultés. Plus récemment, le visiteur devient l'élément central de la muséographie, la visite doit lui procurer une expérience émotionnelle et culturelle pour laquelle les nouvelles technologies vont souvent être sollicitées. Ce concept de l'immersion imprègne toutes les nouvelles réalisations, sans toutefois emporter la complète adhésion du public, certains y regrettant la surreprésentation de la forme sur le fond et d'autres n'ayant pas les bonnes clés de lecture de ce type de muséographie (Belaën, 2003). Parmi les réalisations caractéristiques de ce concept, on trouve une grande majorité de Centres d'Informations Scientifiques Techniques et Industriels ainsi que les archéoparks, archéodromes et autres centres d'information sur la préhistoire.

Ces trois étapes historiques, sont encore représentées dans l'offre muséographique analysée au travers des Alpes. Les cabinets de curiosité ont presque tous disparus, mais celui du château d'Ambras persiste et un certain renouveau du genre s'observe actuellement avec la volonté de recréer certains des cabinets les plus importants. Les muséums d'histoire naturelle dont les collections restent au cœur de nombreuses expositions, maillent le territoire soutenus par les

autorités à l'échelle régionale, voire nationale, les autres représentant de cette nébuleuse : écomusées, centre d'interprétation, archéopark…relevant davantage des autorités provinciales. Enfin, on ne peut passer sous silence les collections privées de minéralogie dont on trouve des exemples dans chacun des pays. Les espaces de restitution n'ont pas été retenus dans ce travail, ce terme semble propre à la France et réservé davantage à des sites archéologiques et historiques. Il nous faudra rajouter une quatrième catégorie liée à l'objet même de notre étude que sont les musées de sites où l'objet à découvrir est mis en valeur dans son environnement naturel directement, un affleurement, un gisement paléontologique… faisant ainsi le pont avec les objets géotouristiques étudiés dans le paragraphe précédent. Ces dernières réalisations sont apparues récemment dans l'offre géotouristique, elles permettent de valoriser au plus près de leur découverte les objets géologiques assurant une reterritorialisation du patrimoine.

Les muséums d'histoire naturelle : le XIXe siècle, voit la création en France de plus de 80 musées d'histoire naturelle impulsés par des initiatives communales ou bien par des sociétés savantes. Les écoles centrales mais aussi les Universités se dotent dans le même temps de ce type de collections. Dans la période 1880-1892, suite aux profondes réformes du système scolaire et universitaire, une nouvelle vague de création voit le jour. Avec l'évolution des sciences, l'espace du musée se scinde en un espace dévolu aux scientifiques, la réserve et un espace public, l'exposition. Les menaces qui pèsent actuellement sur de nombreux muséums d'histoire naturelle et surtout sur leurs collections ainsi que l'illustre le cas du muséum de Chambéry font craindre pour la pérennisation de ces établissements pour la plupart centenaires (Van Praët, 1996).

Les écomusées : en 1891, dans l'île de Djugarden, à Stockholm s'ouvre le premier musée de plein-air établi par Arthur Hazelius (1833-1901). Il a pour ambition d'exposer la vie rurale suédoise menacée par la modernité qui envahit le pays. 140 maisons sont remontées à partir de matériaux provenant d'habitats traditionnels des différentes régions de Suède, des démonstrations sont réalisées par des artisans sur place et différents animaux domestiques et plantes cultivées sont montrées au public. Si le réalisme et l'authenticité sont au cœur de ces réalisations, une nostalgie d'un passé présenté comme figé et idyllique s'en dégage, lissé de tous les conflits sociaux et évolution que le monde rural a connu. En 1898, Frédéric Mistral (1830-1914) crée à Arles le Museon Arlaten qui présente les objets de la vie courante provençale avec l'ambition d'associer la population locale à ce projet. Il inspire Hyppolyte Müller (1865-1933) à l'origine du musée Dauphinois qui ouvre ses portes à Grenoble, en 1906. Le projet de ces écomusées est (…) *relier les premiers occupants d'un pays à ceux qui l'habitent encore* (Duclos, 2001). En 1937, Georges-Henry Rivière, alors assistant de Paul Rivet qui dirige le musée de l'homme, réorganise le musée d'ethnographie du Trocadéro posant les bases d'une nouvelles vague muséographique qu'il réalisera pleinement dans le musée des Arts et Traditions populaires qui ouvre ses portes en 1967 au Bois de Boulogne. Dans les années 70 ce type d'institution muséographique se multiplie en relation avec les attentes inscrites par les décideurs locaux sur les retombées territoriales attendues de ces outils. Ces écomusées peuvent alors prendre plusieurs formes, nous avons déjà cité l'expérience conduite au Creusot avec la population locale, il y en a d'autres : à Grasse avec les acteurs de la filière de la parfumerie, ou bien à Digne-les-Bains avec à l'origine quelque passionnés de géologie. Les écomusées se multiplient à tous les échelons territoriaux abordant tous les thèmes, jusqu'à l'excès, qui décrédibilise ce type de réalisation ce qui donnera naissance à la Fédération des Ecomusées et des Musées de Société dans les années 80 afin de garantir que les écomusées respectent les quatre domaines qui sont les leurs :

- L'expression muséographique du temps et de l'espace
- La participation de la population
- La contribution à la réflexion collective sur le développement

- Le recours à l'interdisciplinarité.

En 1981, le ministre Jean-Philippe Lecat, alors ministre de la culture et de la communication, signe la charte des écomusées que l'article 1 définit ainsi : **"***L'écomusée est une institution culturelle assurant, d'une manière permanente, sur un territoire donné, avec la participation de la population, les fonctions de recherche, conservation, présentation, mise en valeur d'un ensemble de biens naturels et culturels, représentatifs d'un milieu et des modes de vie qui s'y succèdent* **."**

En 1989, l'Association des écomusées de France voit le jour, elle devient Fédération française des Ecomusées et des Musées de Société en 1991 avec pour principaux objectifs de promouvoir les réalisations de ses membres, de développer des recherches –actions au service du réseau, de prendre en charge une offre de formation et enfin de mener des missions d'expertise (Cluchague, 2008).

En 1995, la région Piémont, en Italie, se dote d'une législation qui encadre le développement des écomusées (loi régionale 1995/31), et trois ans plus tard crée une structure, le laboratoire Ecomusei, chargé du développement et de la mise en réseau de l'ensemble des écomusées de la région (Pressenda, 2007). L'institut de Recherche Economique et Sociale (IRES) qui dépend aussi de la région est en charge de l'observatoire culturel du Piémont et produit donc chaque année une analyse statistique de la fréquentation muséale et possède aussi un département en charge du développement des écomusées (Maggi, 2001). Soutenus par les autorités administratives le réseau des écomusées de la région du Piémont est particulièrement riche puisqu'il se compose de 50 espaces muséographiques répartis sur 25 400 km^2.

Les centres d'interprétation : nouvellement apparus dans l'offre muséographique, ils nous viennent d'outre-atlantique où le courant de l'interprétation a pris naissance au cœur des parcs nationaux américains. Leur introduction dans l'espace muséographique européen à la fin des années 70 a suscité de nombreuses réticences de la part des acteurs du tourisme culturel comme le rappelle Claude Origet du Cluzeau : "*très coûteux, culturellement controversés, utilisant peu ou pas d'œuvres du patrimoine dans leurs présentations, mais exploités selon les règles du marketing touristique, ils marquent l'avènement d'une culture nettement plus ludique à laquelle le public adhère avec enthousiasme."* (Origet du Cluzeau, 2007)

Ces centres d'interprétation répondent à la mise en tourisme de patrimoines particuliers : patrimoines immatériels, naturels, inaccessibles ou dispersés sur un territoire trop vaste… Parfois ce n'est pas la nature du patrimoine qui a conduit à cette solution mais le choix assumé d'une médiation scientifique et culturelle qui privilégie l'émotion.

Dans un numéro récent de l'OCIM Chaumier et Jacobi (2008) en donne la définition suivante : "*Un espace muséographique sans collection/ à visée de mise en valeur et de diffusion/ d'un patrimoine singulier et impossible à réunir dans un musée classique/ destiné à accueillir un large public/ en recourant de préférence aux affects plus qu'à la seule cognition."* Il n'est pas toujours simple de faire la distinction entre centre d'interprétation et musée au sens plus classique du terme, il semble toutefois qu'un certain nombre de caractéristiques les distinguent. En premier lieu, l'absence de collections, due à l'exiguïté des lieux ou au manque de personnels aptes à en assurer la conservation ainsi, dans le musée de l'ours des cavernes en Chartreuse, seuls des moulages d'ossement découverts dans la Balme à Collomb servent de support au parcours d'interprétation. L'absence également, d'activité de recherche conduites sur le site. Très souvent, la création du centre d'interprétation s'appuie sur de nombreux travaux de recherche fondamentale mais le corpus de connaissance scientifique reste ensuite figé dans cet état primitif. En effet, si des chercheurs sont associés au centre, ils n'interviennent le plus souvent qu'en tant que conseils mais sans avoir de financements qui permettrait l'encadrement de travaux de recherche indispensables à la réactualisation des connaissances spécifiques, ce qui conduit à une certaine immobilité de l'interprétation que la mise en place d'exposition temporaire ne suffit pas à masquer. (Bessard, Robine, 2008) Enfin, la plupart de ces centres ont

un double objectif, celui de la connaissance, comme toute institution muséale mais aussi celui de l'éducation citoyenne. Leur propos vise à « conscientiser » le public afin de lui faire comprendre l'importance du patrimoine qui est évoqué, les menaces qui pèsent sur lui et comment le visiteur pourrait en tant que citoyen jouer un rôle important dans sa préservation, en servant de témoin, ou en modifiant certaines de ses pratiques.

Les Centres de Cultures Scientifiques Techniques et Industrielles : Le premier CCSTI a vu le jour à Grenoble en 1979. Il s'agissait, à l'époque, de diffuser les sciences et techniques au plus près des citoyens afin de préparer les mutations technologiques à venir. La science et les scientifiques devaient se rapprocher du citoyen afin d'exposer au plus large public les éléments de compréhension indispensables aux choix réfléchis des techniques à venir dans la société actuelle. La définition des CCSTI n'est pas simple, certains bénéficient de l'appellation Musée de France comme par exemple le CCSTI du verre et du cristal de Meisenthal (Meurte et Moselle), d'autres sont des structures communales comme le CCSTI de l'Argentière-la-Bessée, ou départementales comme la galerie Euréka à Chambéry (Hamelin, 2003). Adoptant, à ses débuts, la stratégie du Bernard-l'hermite, qui à défaut de squelette externe, est condamné à « se loger » dans celui que d'autres laissent vacant, les CCSTI, en règle générale, se sont installés, au gré des circonstances, et au plus près de la demande de publics régionaux, i.e. au plus près du terrain, dans divers locaux vacants, opérant ainsi leur multiplication territoriale. Ils ont progressivement acquis une légitimité, réunis en association : « *La réunion des CCSTI* » le 04 octobre 1995 puis introduits dans les contrats de plan Etat-Région en 2000 et désormais ancrés dans un réseau européen. Ils accueillent plus de 2,6 millions de visiteurs en France lors d'expositions temporaires, de la Fête de la Science… Au carrefour du monde scientifique, industriel et de la société civile les CCSTI sont un puissant levier de diffusion de l'information scientifique et technique (Chomier, 2006).

Les parcs archéologiques : Parmi les cavités souterraines, se sont les grottes ornées qui attirent majoritairement le public. Les émissions scientifiques qui traitent de la préhistoire sont parmi celles qui réalisent les plus fortes audiences. Ainsi tout ce qui touche aux origines de l'humanité bénéficie d'un intérêt majeur de la part du grand public et chaque nouvelle découverte est largement reprise par l'ensemble des médias d'information. Ceci explique sans doute la constante évolution de la médiation scientifique de ce thème et les nombreuses générations de réalisations qui ont vu le jour. Une première série de parcs archéologiques fait son apparition dans les années 1960 au Thot près de Lascaux. L'idée principale est alors de concilier la préservation du patrimoine avec le développement touristique. Trois orientations sont alors suivies : remplacer les originaux trop fragiles par des facs-similés, créer un environnement qui évoque l'époque préhistorique par la présence de chevaux de prjeswalski, de bisons voire d'aurochs dont on vient de réaliser la reconstitution, et implanter dans cet environnement des scènes évocatrices de la vie de nos ancêtres. Poussé à l'extrême, ce premier modèle conduira à des musées Grévin de la Préhistoire parfois totalement déconnectés d'une réalité de terrain. La génération suivante, tout comme dans le cas des écomusées, placera le visiteur au cœur du parc lui permettant d'endosser tour à tour l'habit du chercheur en devenant fouilleur ou celui de nos ancêtres en répétant les gestes « *à la façon de* » sous le regard expert d'animateurs comme dans le parc Rahan de St-Léon-sur-Vézère. On observe dans les toutes dernières réalisations, une reterritorialisation suivant en cela la montée en puissance des centres d'interprétation (Roy, 2005).

L'offre muséographique est un élément fort du géotourisme, en effet, ces établissements sont souvent des points d'ancrage territorial importants, soutenus par divers échelons de collectivités territoriales. Ils assurent une lisibilité du géotourisme face aux autres formes touristiques existant localement.

4.2.3.3 Les médiateurs :

La mise en tourisme de chacun de ces géosites nécessite l'intervention d'acteurs particulièrement importants mais trop souvent négligés dans la chaîne de réalisation, les médiateurs. Les scientifiques sont indispensables pour produire la connaissance spécifique à chaque géotope qui permettra d'en dévoiler les différentes facettes. Ainsi, la complexité pétrographique, stratigraphique et géomorphologique du massif du Chenaillet, n'a été réellement élucidée par les géologues que dans la seconde moitié du XXe siècle.

Ces résultats de recherche ont dans un premier temps été médiatisés auprès d'un public scolaire dans le cadre d'un programme qui avait préalablement permis de familiariser les étudiants aux différents concepts illustrés ensuite sur le terrain. Cette première étape de médiation est abordée par les professionnels de la didactique des géosciences dont les travaux sont encore trop peu connu. Pierre Savaton a abordé le thème de l'usage de la carte géologique dans l'enseignement (Savaton, 1998), Denise Ravachol-Orange a défriché les difficultés rencontrées par les lycéens en particulier dans la perception du temps (Ravachol-Orange, 2003), quant à Eric Sanchez, il s'est intéressé à l'usage des nouvelles technologies dans l'apprentissage des géosciences (Sanchez, 2007). Outre ces thèses, des travaux de recherche plus ponctuels sont conduits pas les équipes de l'INRP à Lyon, celles du Laboratoire de Didactique et d'Epistémologie des Sciences à Genève ou bien des associations comme Quartz. Le cadre contraint de cette première forme de médiatisation, qui doit respecter les référentiels scolaires, a l'avantage, dans notre pays, d'avoir vu se développer un domaine de recherche qui permet de mieux comprendre les obstacles de compréhension propres à la diffusion des concepts des sciences de la Terre, en particulier ceux liés à la perception du temps long..

Une seconde étape est franchie losque ces notions très formelles doivent être transmises au plus grand nombre. C'est ainsi que toujours pour illustrer les réalisations qui ont vu le jour autour du Chenaillet un partenariat étroit à été réalisé au fil du temps entre l'équipe de chercheurs et d'enseignants du Centre Briançonnais de géologie alpine et les Accompagnateurs en montagne, nombreux dans la région de Briançon, qui souhaitaient diversifier leurs activités. Des itinéraires ont été bailsés, des fascicules rédigés, des outils (films, cartes…) construits. Dans cette phase il a fallu adapté le discours pour que, tout en conservant sa qualité scientifique, il deviennent compréhensible par tous, sans prérequis et dans une activité de loisir donc qui doit privilégier le plaisir de comprendre. Cette réflexion autour de la nécessité d'adapter le discours scientifique n'est pas toujours suffisamment prise en compte et trop souvent cette tâche est confiée à des personnes non formées qui soit ne réussiront pas à interpréter le message scientifique, soit, pire, le banaliseront au risque de rendre un géosite très semblable à un autre. Certains efforts doivent être cependant soulignés comme les travaux de Michaela Nutz (2003) en Autriche et de Franz Kestler (2005) en Allemagne chargés de concevoir les différents documents d'interprétation de sentiers sur le thème des glaciers ou bien les nombreux travaux de recherche appliquée effectués par les Québécois sur ce thème (Poirier, 2008).

Cette question de la formation des médiateurs en géosciences est importante, en effet, ce sont eux qui, la plupart du temps, seront à l'interface entre le public et l'objet géologique. Ils doivent être formés non seulement aux données géoscientifiques qu'ils auront à transmettre mais également aux différentes techniques de la médiation personnelle, en relation directe avec le public et non-personnelle, par média interposés.

4.2.3.4 Les publics cibles :

Avec le développement du géotourisme, les publics cibles se sont diversifiés au fil du temps, par l'effet conjugué d'une demande croissante et d'une offre de mieux en mieux adaptée, grâce à une « approche client » réfléchie. Les toutes premières expériences de

valorisations géotouristiques, ont vu le jour au XIXe siècle, ainsi, le jardin des glaciers, à Lucerne a ouvert ses portes en 1875. Il donnait à découvrir d'importantes marmites glaciaires dont la formation en cet endroit ne pouvait s'expliquer que par une extension bien supérieure des surfaces occupées par les glaciers par le passé. De nombreuses sociétés savantes ont dû déambuler dans les allées du jardin supputant alors les conditions exactes de formation de ces marmites. Ces sociétés de naturalistes passionnés mais aussi les associations scientifiques qui organisaient déjà en marge de leurs congrès des excursions de terrain ont certainement contribué à jeter les prémices de ce qui ne s'appelait pas encore du géotourisme. Depuis, d'autres publics sont apparus.

Les scientifiques et les sociétés savantes :
Chaque congrès scientifique est l'occasion d'excusions de terrain qui permettent soit de découvrir de nouveaux sites pour un public averti soit de confronter sur le terrain, dans des débats animés, les points de vue qui peuvent opposés ces mêmes spécialistes sur une controverse. Depuis le premier Congrès Géologique International qui s'est tenu à Paris en 1878, chacune de ces manifestations a été l'occasion d'excursion qui ont mis à l'honneur tel ou tel site géologique dont un certain nombre ont bénéficié de cette notoriété, visités depuis par des générations d'amateurs ou de passionnés finissant parfois par devenir des destination géotouristiques. Le chevauchement des Glaris illustre parfaitement ce processus puisque déjà rendu célèbre par les aquarelles de Hans Conrad Escher (1767-1823) il vit s'affronter Albert Heim (1849-1937) et Maurice Lugeon (1870-1953) lors du sixième congrès géologique international qui se tint à Zürich en 1894.
Ces premiers publics, de spécialistes et d'amateurs éclairés, défrichèrent des destinations qui pour certaines allaient devenir des sites géotouristiques à part entière. Bien que les sociétés savantes soient dans certains pays en déclin, on peut les rapprocher d'un public émergeant depuis quelques années, les retraités érudits à la recherche de destinations touristiques où pourra être assouvi leur désir de comprendre. Ces profanes cultivés attendent un message intelligent, spécifique du lieu qu'ils visitent mais que l'on aura eu soin de rendre compréhensible à des non-spécialistes. L'approche client devra prendre en compte ces paramètres : médiation scientifique d'un niveau soutenu, faisant appel tout autant aux paradigmes géologiques qu'aux autres domaines culturels, déplacements limités, hébergements et restauration de qualité en lien étroit avec le terroir.

Les scolaires :
Plusieurs circonstances ont ensuite progressivement conduit à l'émergence d'une demande de la part d'un public certes restreint mais cependant en constante progression, avec le développement du tourisme et l'amélioration du niveau d'instruction. A la fin du XIXe siècle, l'introduction de la géologie dans les programmes scolaires de nombreux pays européens a développé l'intérêt de la population pour ce domaine scientifique. La France occupe à ce titre une place tout à fait privilégiée puisqu'au cours du XXe siècle, les sciences d'observation ont pris une place de plus en plus prépondérante dans les référentiels éducatifs, et, dans les années 1980, la géologie a encore gagné en importance, jusque dans les programmes de terminale incluant même l'obligation d'une sortie de terrain au cours de l'année (Joly, 2000). Ainsi, dans la réforme de 2000, l'évolution climatique des 700 000 dernières années a conduit certains enseignants à chercher à développer des passerelles entre le lycée et des sites géologiques proches pouvant éclairer concrètement ces nouveaux aspects du programme. Dans les Alpes maritimes, une séquence pédagogique complète a été conçue à partir des données recueillies dans la grotte du Lazaret (Jegou, 2003). D'autres initiatives peuvent être observées ailleurs, comme dans la région Piémont où un programme permet à de nombreux élèves de découvrir au cours de leur scolarité, une grotte non aménagée pour le tourisme afin de faire mieux connaître le milieu souterrain et peut-être de susciter des vocations. En Autriche, au cœur du géoparc

Eisenwurzen, un atelier a été aménagé dans le cadre du programme Geoline afin que les scolaires puissent, après avoir récolté sur le terrain des échantillons de roche, les scier, les polir et les vernir tout en faisant leur détermination. Dans ces différents cas de figure, les enseignants et leur classe, qui sont parfois originaires de régions éloignées du pays, sont à la recherche d'une offre pédagogiquement adaptée aux programmes scolaires, si possible validée par les autorités de tutelle, gage d'une adéquation la plus efficace possible entre le temps passé sur place et les acquis attendus pour les élèves. Outre cette adaptation pédagogique de l'offre, le site doit pouvoir accueillir, dans les règles d'une sortie scolaire, des classes et donc proposer un hébergement adéquat, une restauration adaptée ainsi qu'un encadrement local formé. C'est le cas à Briançon où le Centre Briançonnais de Géologie Alpine (CBGA) propose depuis une vingtaine d'années maintenant une offre spécifique destinée aux scolaires. Des randonnées géologiques ont été conçues afin d'illustrer le thème de l'orogenèse alpine, des accompagnateurs en montagne ont été formés à la géologie et sont capables d'animer des sorties correspondant à différents niveaux scolaires, un centre d'accueil a été aménagé afin de proposer des activités en salle préparant le terrain ou bien analysant les observations faites sur celui-ci, enfin, un centre d'hébergement est associé au CBGA afin d'offrir les conditions requises à l'hébergement de scolaires. L'approche client doit, dans ce cas être particulièrement adaptée car la marge de manœuvre des enseignants est limitée, les outils pédagogiques doivent être développés pour chaque niveau scolaire concerné, et les conditions matérielles qui encadrent l'ensemble des activités ne peuvent supporter aucune approximation .et doivent suivre les évolutions exigées par le ministère.

La population locale :

Bien que n'entrant pas dans notre propos, car ne relevant pas du tourisme dans sa définition académique qui doit inclure une nuitée sur place, un autre public est de plus en plus visé par la mise en valeur des géotopes : la population locale. Cette catégorie entre davantage dans le tourisme de proximité. Ces populations sont directement sollicitées lorsqu'elles habitent, par exemple, dans un géoparc dont l'un des objectifs est de recréer du lien social et de l'animation au cœur des territoires. Ainsi, le géoparc des North Pennines, au Royaume-Uni, anime, grâce au soutien du programme Leader, trois clubs de géologie, au sein desquels, pour une somme symbolique, les enfants du pays peuvent venir s'initier à la géologie, et devenir des « Rocks Detectives ». En Allemagne la journée des géotopes est un moyen d'impliquer les habitants dans la découverte du patrimoine qui les entoure. Bien sûr, on ne peut parler ici de géotourisme mais les animations prévues pour ces habitants ont généralement lieu hors saison touristique et sont une façon pour les gestionnaires du géoparc de diversifier leur offre au cours de l'année, de proposer en avant-première des animations qui seront ensuite inclues dans l'offre touristique…Pour adhérer, le public doit pouvoir porter un autre regard sur son environnement, comprendre qu'il y a une autre façon de le percevoir, que d'autres y ont découvert de nouvelles richesses…Cette adhésion des habitants à de nouvelles perspectives de développement local, est un élément indispensable à la pleine réussite du géotourisme, car tous ces habitants démultiplient les occasions de promotion du territoire. Ainsi, le musée de l'ours des cavernes en Chartreuse, propose à tous les habitants du village des Entremonts de devenir les ambassadeurs du musée. S'ils le désirent ils peuvent obtenir un pass qui leur assure la gratuité au musée, ce qui leur permet d'y accompagner famille ou amis venus en touristes dans la vallée.

Le grand public :

La dernière catégorie de public qui sera abordée ici va être plus difficile à cerner, puisque nous allons maintenant nous intéresser au « grand public ». Expression que, bien souvent, on tente de définir en se référant à ce qu'il n'est pas c'est-à-dire, un public de spécialistes. Quant à spécifier ce qu'il est, l'exercice est plus périlleux, un public familial certainement, un groupe d'amis visitant une grotte sur leur lieu de villégiature, peut-être, un groupe organisé par un voyagiste

qui visitera dans la même journée, un site historique ou architectural ainsi qu'un musée d'histoire naturelle complétant une offre qui doit tenir en une journée, aussi…
Afin de contourner cette difficulté, Yaëlle Berrebi, en 2006, a choisi d'analyser les publics cibles en fonction des motivations sous-jacentes au choix de la destination géotouristique. Elle distinguait alors quatre motivations principales : les loisirs associés à la détente et l'amusement, le côté sportif qui s'accompagnera d'un effort physique, le côté découverte qui permet d'élargir ses centres d'intérêts et enfin un côté culturel qui doit donc apporter des connaissances nouvelles. L'offre touristique développée lors de la mise en valeur d'un géosite, doit pouvoir assouvir ces quatre motivations tout en s'adressant à des publics amateurs de géosciences, profanes mais cultivés ainsi qu'à des non-initiés. On peut aussi y ajouter une dernière composante, l'offre doit pouvoir créer du « vécu », nouvelle dimension apparue au tournant du siècle dans les réflexions liées aux offres touristiques (Shrerrieb, 2005).

Suivant le public auquel il s'adresse le géotourisme peut prendre des formes différentes en s'appuyant sur des types d'interactivité qui, si l'on parvient à les associer procurent une expérience inoubliable.

L'interactivité émotionnelle
La valeur émotionnelle induite par l'expérience vécue sur un site touristique est de plus en plus recherchée par le visiteur comme gage de la pleine réussite de son séjour. En réponse à la compression du temps des loisirs, le touriste est à la recherche d'une expérience préfabriquée, condensée, lui procurant une émotion instantanée (Scherrieb, 2005). La somme de ces émotions, lui permettra de conserver une expérience durable de son séjour. Cette offre qui ne met plus seulement en valeur un objet, un paysage… mais place le visiteur au cœur d'une expérience, s'est déjà imposée dans le domaine muséographique avec les expositions d'immersion (Bëlaen, 2003) ainsi que dans le marketing des produits et des services.

L'interactivité manuelle
Reprenant les travaux de Chevallard (1997) sur les transpositions didactiques, Eric Sanchez (2007) nous éclaire sur les quatre niveaux qui, de la pratique à la théorie, permettent l'acquisition des savoirs relatifs aux activités réalisées lors d'une classe de terrain. Les tâches et techniques liées aux outils du géologue nécessitent l'apprentissage d'un savoir-faire. Ces activités, essentiellement manuelles, s'inscrivent dans une somme de pratiques (échantillonnage, cartographie, dessin d'observation…) qui relèvent d'un niveau praxéologique de base. Elles vont permettre de construire un registre empirique de connaissances qui formera un socle sur lequel s'appuiera l'interactivité cognitive que nous verrons plus tard. Au-delà de la pratique scolaire il faut pouvoir transposer des expériences similaires afin de proposer des activités adaptées au cadre d'une offre géotouristique.

Interactivité cognitive
La confrontation avec le réel va produire des interactions entre les objets géologiques *ex* ou *in situ* et les sujets. La compréhension des mécanismes géologiques et géomorphologiques à l'œuvre devra alors faire appel à des procédés de médiation scientifique s'inspirant des résultats de la didactique des géosciences dont les résultats sont hélas bien peu diffusés vers les auteurs d'outils de médiation (Ravachol-Orange, 2003) (Figure 2.7).

4.3 Conclusion

Le géotourisme est une nouvelle niche touristique. Il permet de diversifier l'offre de certains territoires afin d'en augmenter l'attractivité. Il répond aussi à la demande spécifique de certains publics, scolaires, passionnés…

Il s'appuie sur trois éléments dans l'objectif de développer l'économie locale :

- **l'inventaire et l'évaluation** de la ressource : le patrimoine géologique,
- la qualité du respect de son intégrité donc **la conservation de ce patrimoine**,
- **les outils et produits d'interprétation** développés en direction des publics cibles pour lesquels les aménagements touristiques sont planifiés.

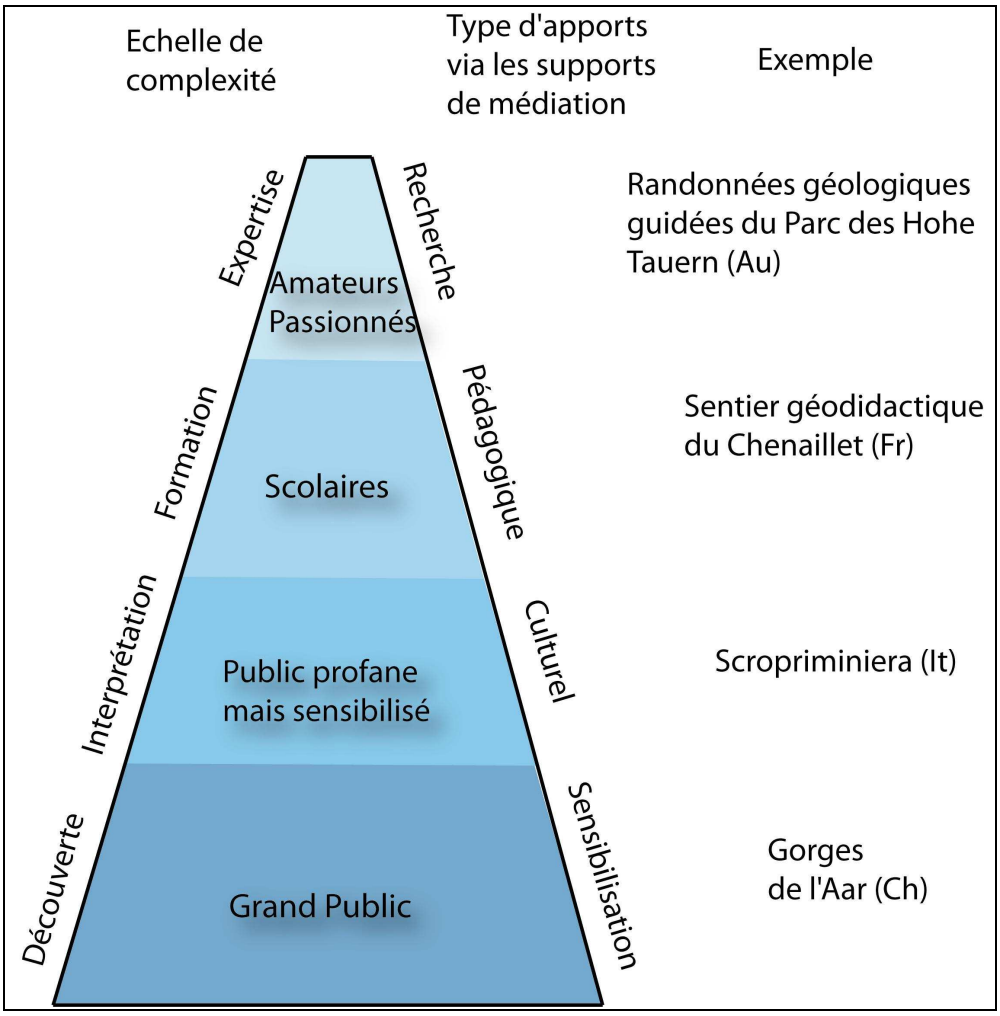


Figure 2.7 : Les différents stades du Géotourisme

Les ressources territoriales à l'origine de cette nouvelle pratique touristique sont des géosites naturels : grottes, gorges et toutes les catégories de géotopes ainsi que des géosites anthropiques : mines et carrières. Différents degrés d'aménagements peuvent être observés : de la simple accessibilité à des sites pittoresques, à leur interprétation au travers de panneaux, de fascicules, de visites guidées… Dans un objectif didactique, des géotopes peuvent être mis en cohérence au travers de sentiers d'interprétation qui abordent des thèmes géologiques tels que les glaciers, le karst… Enfin, certains objets géologiques ne pouvant être valorisés sur le terrain, en raison de leur difficulté d'accès, de leur vulnérabilité voire même de leur disparition c'est *ex situ* au travers d'interfaces qui relèvent de la nébuleuse muséographique qu'ils entrent dans un processus de médiation.

Marqué par un pôle relevant de l'écotourisme et un autre du tourisme culturel, le géotourisme répond aux nouvelles attentes des clientèles et s'inscrit comme une déclinaison du tourisme durable. Il propose différents niveaux d'interactivités : émotionnelle, manuelle et intellectuelle afin de créer les conditions d'une expérience vécue source d'enrichissement.

Le géotourisme doit s'adapter en permanence, diversifier son offre et bien sûr la remettre à jour périodiquement car la concurrence entre destinations est rude. Le cas du parc Vulcania illustre bien la nécessité d'offrir des « attractions » capables d'intéresser tous les publics. Ouvert en 2002, et dimensionné pour une fréquentation estimée à 800 000 visiteurs par an, pour un investissement de la part du conseil régional de 60 millions d'euros, le site a connu une baisse régulière de cette fréquentation jusqu'en 2006 ou un minimum de 210 000 visiteurs a été atteint. Les animations qui y étaient proposées étaient pleinement diversifiées : une offre spécialement adaptée aux différents niveaux scolaires, des conférences spécialisées pour le public amateur de géosciences lors des visites, des expositions à double niveau de lecture afin de contenter l'ensemble des publics, Le choix du conseil régional a été de renouveler les investissements, pour 5,3 millions d'euros, afin de renforcer l'offre en y ajoutant davantage d'attractions spectaculaires pour faire revenir le plus large public. Vulcania II a vu le jour en 2008, la hausse de la fréquentation est au rendez-vous, puisque pur cette première saison, le site a accueilli 313 000 visiteurs… mais pour combien de temps ?

Ce géotourisme dont on voit que l'offre est déjà assez structurée est apparu relativement récemment mais il puise une partie de ses pratiques dans des racines beaucoup plus anciennes qui vont être exposées maintenant.

Chapitre 5 : Du tourisme au géotourisme

Le terme de géotourisme est apparu depuis seulement une vingtaine d'année mais un certain nombre de ses pratiques plongent leurs racines dans d'autres beaucoup plus anciennes. A partir du XVIIe siècle, les naturalistes, quittant leurs « laboratoires », ou plutôt leurs cabinets, partent à la découverte du terrain. Ils explorent les Alpes mais aussi de nombreuses autres régions « sauvages » de l'ancien puis du nouveau monde avec pour objectif d'observer la nature pour faire progresser la science. Parallèlement, le « Grand Tour », qui donnera son nom au tourisme, devient une étape indispensable dans l'éducation des jeunes aristocrates, anglais, à l'origine, puis de tout le continent. Lors de ce voyage des villes comme Genève, Berne ou Venise sont des étapes indispensables. Face aux sommets enneigés des Alpes, c'est tout naturellement que certains de ces voyageurs sont attirés par la découverte en particulier des glacières dont ils ont pu lire les descriptions ou contempler les représentations. Les destinations sont alors avant tout des paysages grandioses ou pittoresques. L'émotion générée par ce tourisme contemplatif suffisant à contenter les voyageurs. Progressivement, les transports s'améliorent et le nombre de touristes augmente. La géologie, qui au fil du temps a remplacé la géognosie et l'oryctologie, est devenue un champ disciplinaire à part entière. Les observations de terrain permettent d'émettre les premiers concepts fodamentaux de cette science, soulevant l'intérêt d'un plus vaste public et les premières destinations que l'on peut dès le XIXe siècle qualifier de géotouristiques, comme le jardin des glaciers à Lucerne voient le jour. Mais, parallèlement de nombreuses autres destinations ne proposent que la seule dimension contemplative se contentant de rendre accessibles des sites pittoresques comme les gorges du pont du Diable, dans le Chablais qui sont inaugurées en 1893. Toutefois, on ne peut exclure une certaine dimension géotouristique à cette seconde destination d'autant qu'au fil du temps, la visite a été agrémentée de panneaux d'interprétation et que le gérant du site a aussi développé une exposition sur l'origine géologique des gorges.
Depuis vingt ans, le géotourisme s'affirme comme une filière d'adaptation de certaines destinations déjà réputées pour leur intérêt géologique à de nouveaux publics ou devient l'objectif de création de nouvelles destinations.

5.1 Les naturalistes voyageurs à la conquête des Alpes

A la fin du XVIIe siècle, les naturalistes commencent à parcourir les Alpes. Gohau (2000), s'appuyant sur les travaux de Gordon Davies et Marjorie Nicolson évoque comme raison principale à ce changement de mentalité, car jusque là les montagnes avaient plutôt inspiré la répulsion, une composante religieuse associée au développement du protestantisme qui reconnaît à la nature une richesse foisonnante digne d'intérêt. Le développement des grands centres universitaires à Genève, Zurich ou Milan explique aussi qu'à une époque ou les transports restaient difficiles, les naturalistes aient choisi de parcourir les montagnes les plus proches.
Ces voyages permettent des observations de terrain, la récolte d'échantillons et les rencontres avec les pairs. Ils vont progressivement jeter les bases de certains des concepts fondamentaux de la géologie et élever cette discipline au rang des sciences empiriques comme la botanique ou la zoologie. Quelques grands noms, parmi ces naturalistes et géologues alpins, vont maintenant être rappelés, en effet, ce sont eux qui pour certains ont « inventé » des destinations géotouristiques des Alpes encore d'actualité. Non qu'ils aient été les premiers à les découvrir, mais parce que ce sont les premiers à avoir attiré l'attention de leurs contemporains sur elles.

Au XVIe siècle, Konrad Gessner (1516-1565), naturaliste suisse, constitue une collection de fossiles qu'il décrit, dessine et tente de classer à la recherche d'un ordre divin qui s'affranchit de l'observation de terrain. Un siècle plus tard, c'est en traversant les Alpes et en parcourant la

Toscane que Nicolas Sténon (1638-1686), géologue danois, démontre l'origine marine des fossiles déposés dans les strates qui constituent les reliefs des montagnes (Cutler, 2006) confirmant alors les conclusions de Léonard de Vinci (1452-1519) ou Gerolamo Fracastoro (1478-1553) qui avaient en leur temps observés les « pierres merveilleuses » que l'on trouve près de Vérone, au Monte Bolca (Vaccari, 2003). Mais à cette époque, tous les naturalistes ne voyagent pas encore et leurs observations, parfois cruciales servent encore avant tout à justifier des systèmes de pensée. Ainsi, Antonio Vallisneri (1661-1730) étudie lui aussi des fossiles de poisson prélevés au Monte Bolca et tente d'élucider, sans connaître le gisement, la raison de leur présence dans ces montagnes (Gaudant, 2005). Au contraire, Johan Jacob Scheuchzer (1672-1733) effectue neuf voyages dans les Alpes suisses mais son œuvre : *Querelle des poissons* (1708) ne fait référence qu'au diluvianisme biblique. Au fil du temps, l'investigation scientifique va s'appuyer sur l'observation des faits de terrain et la géologie remplacer progressivement l'oryctologie et la géognosie pour devenir une science empirique. Ainsi, Elie Bertrand (1712-1790), pasteur de l'église française de Berne, qui récolte de nombreux fossiles dans le Jura et les Alpes entrevoit l'incompatibilité entre le nombre de fossiles qu'il observe dans la nature et la courte durée du déluge biblique (Carozzi, 1983). Jean-André de Luc (1727-1817) parcourant les Alpes observe la variation des fossiles d'une strate à l'autre, il découvre la disparition de certaines espèces et conçoit la notion de fossiles marqueurs. Ses travaux inspireront ceux de Cuvier (1769-1832).

H-B de Saussure (1740-1799) est certainement le plus emblématique de ces voyageurs naturalistes. Il traverse quatorze fois la chaîne par huit itinéraires différents et réalise aussi seize incursions au cœur de différents massifs. Dans son ouvrage : « Voyage dans les Alpes », il multiplie les descriptions précises des sites qu'il visite donnant à découvrir au plus grand nombre certains endroits les plus reculés de la chaîne. Il y aborde 7 de ses voyages de Genève et sa région jusqu'à Gênes. Son ascension du Mont-Blanc en 1787 assoit définitivement sa notoriété bien au-delà des frontières de son pays et des limites du cercle des naturalistes. Nombre des sites qu'il a visité occupent toujours une place importante dans le géotourisme alpin comme la grotte de Sandbalm, dans la vallée de Voralptal, qu'il découvre en 1796, alors encore garnie de cristaux, et qui est toujours une destination de visite prisée même si il ne reste plus aucune trace des cristaux qu'elle a pu renfermer. Sa plus grande contribution est certainement, au travers de ses maintes observations du Nant d'Arpenaz mais aussi des plis qu'il étudie dans divers sites des nappes Helvétiques, d'avoir développé le concept des refoulements horizontaux (Carozzi, 2001).

La traversée des Alpes Vénètes et du Tyrol par Déodat de Dolomieu (1750-1801) en 1789, mêle étroitement science et aventure et illustre une dimension importante de ces voyages lointains : la rencontre de savants étrangers qui permet d'enrichir les connaissances et de confronter les interprétations (Rizzi, 2005). Ainsi, de passage à Venise, Dolomieu rencontre Giovanni Arduino (1714-1795), l'un des fondateurs de la géologie italienne. Il gagne ensuite Innsbruck traversant le massif des Dolomites où il récolte l'échantillon de roche auquel De Saussure donnera son nom. De retour en Italie, en septembre il rencontre M.Bozza, dans le cabinet de curiosité duquel il observe de nombreux fossiles de poisson provenant du gisement éocène du Monte Bolca. Gisement qui propose aujpourd'hui la visite de la carrière d'où sont toujours extraits les fossiles ainsi qu'un musée conservant les plus belles pièces.

Giovanni Arduino est resté célèbre pour sa classification des montagnes du Nord de l'Italie que déjà en 1760 il séparait en quatre catégories : primaires, secondaires, tertiaires et alluviales (Vaccari, 2006). Il correspondait avec de nombreux scientifiques dont Ignaz von Born (1742-1791) minéralogiste autrichien, Benedikt Franz Johann Hermann (1755-1815), spécialiste des mines de Russie et Belsazar de La Motte Hacquet (1739-1815) chirurgien mais aussi naturaliste qui visita de nombreuses mines afin d'y étudier les maladies contractées dans celles-ci par les mineurs. Il fit parvenir à Arduino une description détaillée des mines d'Eisenerz, en Styrie, toujours en activité et qui développent depuis quelques années des pratiques géotouristiques

(Vaccari, 2004). En 1766, Hacquet fut envoyé à la mine de mercure d'Idria (aujourd'hui en Slovénie) où il découvrit les effets du plomb qui contaminait les ouvriers. En 1554, la découverte du procédé de l'amalgation avait donné naissance à une route du mercure (Camino real) alimentant les mines d'argent d'Amérique du Sud. La mine d'Idrija, qui a fermé récemment, s'est associée depuis quelques années à des mines d'argent américaine afin de déposer une candidature au patrimoine mondial de l'UNESCO. Hacquet poursuivit ensuite ses investigations scientifiques en parcourant à pied les régions qui l'entourait. Il décrivit les formes de l'épikarst : poljés et dolines et parcouru les massifs du Triglav et du Grossglockner dont il fit les premières mesures d'altitude (Klemun, 2007). Il s'intéressa particulièrement à la structure des Alpes orientales dont il décrivit « *la bande médiane constituée de roches cristallines flanquées de deux bandes latérales de roches calcaires* » (in Vaccari, 2003).

Le début du XIXe siècle voit se développer des études par vallée ou massif, afin d'en inventorier les richesses et caractéristiques géologiques. C'est l'époque où apparaissent les premiers ouvrages qui tentent d'aider le géologue voyageur à planifier ses excursions. De Saussure avait, déjà en 1796, réalisé un « *Agenda du voyageur-géologue* » où il mettait en garde les observateurs de terrain sur les erreurs à ne pas commettre. Ami Boué (1794-1881) fait paraître en 1835 et 1836 les deux tomes de son « *Guide du géologue Voyageur* » qui décrivent plusieurs itinéraires géologiques incluant des sites géotouristiques actuels ainsi, à la page 399 de son tome II, il évoque la mine de lignite Käpnach, près de Zurich ouverte au public depuis les années 1990 (Boué, 1835). Ce géologue, bien connu en France, pour être à l'origine de la Société Géologie de France fondée en 1830 et dont il fut le premier président a fait une partie de ses études à Genève et vécu une grande partie de sa vie à Vienne. Il a produit de nombreux travaux sur la géologie du pays, s'intéressant en particulier aux mines et à l'amélioration de leur exploitation (Seidl, 2002). Il a aussi beaucoup oeuvré à la création du second poste de professeur de géologie à l'Université de Vienne qui accueillit en 1857 Edouard Suess (1831-1914).

Les géologues se répandent donc dans les Alpes. Parmi ceux-ci, on peut citer le prussien Léopold Von Buch (1774-1853), tenant des thèses fixistes qui attribuent un rôle important aux mouvements verticaux. Après un voyage dans le sud de l'Italie avec Alexander Friedrich Von Humboldt (1769-1859), il étudie l'origine des granites sur l'affleurement de Predazzo, dans les Dolomites qui sera présenté plus tard dans ce travail (Cf paragraphe 3.2.7). Adam Segwick (1785-1873) et Roderick Murchison (1792-1871) parcourent eux les Alpes orientales.

Hans Conrad Esher Von der Linth (1767-1823), géologue suisse est un marcheur infatigable dont les trajets quotidiens dépassent les 80 à 100 km lors de ses excursions. Il réalise près de 1000 aquarelles représentant de nombreux paysages géologiques dont le célèbre chevauchement des Glaris (Figure 2.8).

Figure 2.8 : Die Tschingelhörner und das Martinsloch

Emile Gueymard (1788-1869), ingénieur des mines français est envoyé, en 1811, dans le département du Simplon, qui vient d'être réuni à la France afin d'y étudier les gisements minéralogiques, il re-découvre le filon d'or du Simplon (Rochas, 2007). Les mines et les bâtiments qui leurs sont associés font actuellement l'objet d'une valorisation au travers d'un écomusée et de visite de terrain.

Cette période est marquée par une instabilité politique qui se manifeste par des changements de domination de régions entières : le Piémont, la Lombardie, le Trentin, la Slovénie… sont tour à tour pour certains français, pour d'autres austro-hongrois… D'où des institutions géologiques

tantôt soutenus parfois abandonnées. Ces périodes troubles sont aussi à l'origine de nouvelles excursions géologiques à travers les Alpes qui ont pour but de lever les premières cartes géologiques à la recherche entre autre de nouvelles ressources minières. Christian Keferstein (1784-1866) élabore la première carte géologique d'Allemagne, le service géologique autrichien fondé en 1849 envoie ses géologues cartographier l'ensemble des terres de la monarchie austro-hongroise. Son premier directeur, Franz Von Hauer (1822-1899), parcourt le Nord de l'Italie à deux reprises, en 1850 et 1856, deux de ses collègues en font autant : Franz Foetterle (1823-1876) et Heinrich Wolff (1825-1882) en 1856. A partir des données récoltées, Von Hauer publie en 1858 une carte géologique du Nord de la Lombardie (Vaccari, 1999). Angelo Sismonda (1807-1878) géologie piémontais qui participa activement au projet du tunnel du Fréjus, fait paraître en 1862, la carte géologique de la Savoie, du Piémont et de la Ligurie. Bernard Studer (1794-1887), professeur de géologie à l'Université de Berne, est chargé, avec l'aide de Von der Linth, de la première carte géologique de la Suisse en 1853. En France, Napoléon III créée le Service de la Carte Géologique en 1868 qui va, à partir de 1870, s'attacher à publier la carte géologique de France au 1/80 000. Auparavant, le Service des Mines, progressivement constitué à la fin du XVIIIe siècle avait dans certains départements déjà produit des cartes géologiques comme celle des Hautes-Alpes en 1830.

Dans le même temps, les sociétés savantes se développent et les premieres grandes réunions internationales commencent à rassembler des scientifiques de l'Europe entière, facilitant encore les échanges et conduisant à des excursions de terrains qui font sortir de l'ombre certains sites géologiques alpins remarquables. Le 24 juillet 1837, Louis Agassiz (1807-1873) en tant que président de l'assemblée annuelle de la SHSN réunit à Neuchâtel, doit présenter dans son discours inaugural doit présenter une revue des activités scientifiques de la Société. Au lieu de cela, il présente sa théorie des glaciations qui va rendre célèbre le glacier de l'Aar, les blocs erratiques et plus tard le jardin des glaciers. Agassiz a surtout contribué à la renommée des mines d'ardoise de Engi près de Glaris où il découvrit de nombreux fossiles de poisson, ce site est inclus désormais dans le géoparc Sarganserland-Walensee-Glarnerland. Lors du sixième congrès géologique international à Zurich, en 1894, la controverse entre Albert Heim (1849-1937), tenant des hypothèses fixistes et qui attribue l'origine du chevauchement des Glaris à un double pli (Figure 2.9) et Maurice Lugeon (1870-1953) et Hans Schardt (1858-1931) géologues de Neuchâtel qui défendent une vue mobiliste et l'existence des nappes de charriage voit triompher la seconde hypothèse (Trümpy, 1997 ; Dal Piaz, 2000).

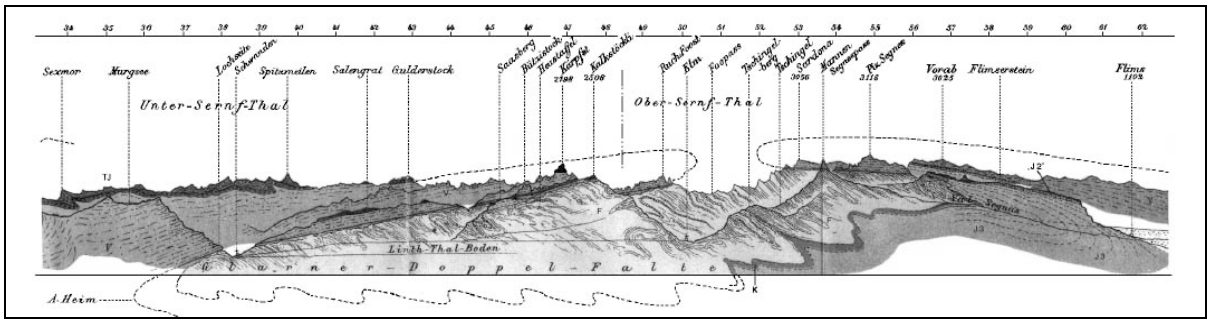


Figure 2.9 : Coupe géologique du double-pli des Glaris dessinée par Albert Heim

Mais les travaux d'Albert Heim marquent profondément la géologie suisse, dont il a levé la carte au 1/500 000 et réalisé de magnifiques reconstitutions 3D géologiques des principaux sommets. Ce congrès sera le seul a accueillir Edouard Suess (1831-1914), maître de la géologie autrichienne, qui fait paraître entre 1883 et 1909 son œuvre monumentale, synthèse de toutes les connaissances géologiques de l'époque : « *Antliz der Erde*» (Durand-Delga, 2007). La notion de nappe de charriage sera définitivement adoptée en 1903, lors du Congrès de Vienne où Pierre Termier (1859-1930), disciple de Marcel Bertrand (1847-1907) présente le charriage

d'ensemble des Alpes orientales sur les Alpes occodentales révélé par la fenêtre des Hohe Tauern (Durand-Delga, 2007).

Ce court voyage dans le temps révèle la richesse que peut apporter le retour aux sources historiques dans la mise en valeur des géosites. La plupart d'entre eux ont été visités par des voyageurs et des scientifiques au court des siècles passés. Ces derniers en ont rapporté une iconographie ainsi que des textes qui peuvent servir de façon intéressante leur valorisation actuelle, ajoutant aux différents aspects géologiques, une approche historique et culturelle, capable de séduire un large public.

5.2 Naissance et évolution du tourisme alpin

Au XVIIe siècle, les premiers touristes font aussi leur apparition au cœur des Alpes. Mais ils sont encore peu nombreux car, à l'époque, rien n'attire dans ce massif et il faut y être né pour y vivre ! Ainsi, John Evelyn, aristocrate anglais, qui sera l'un des fondateurs de la Royal Society traverse les Alpes en 1646 et sa description du passage du Simplon n'a rien d'attrayant : "*Le lendemain matin, nous continuâmes à monter parmi des cimes étranges, horribles et effroyables, fertiles en pins, et dont les seuls habitants sont les ours, les loups et les chèvres sauvages ; nous ne pouvions jamais voir à plus d'une portée de pistolet, l'horizon étant borné par des rochers et des montagnes dont les sommets, couverts de neige, semblent toucher les cieux et qui, en maints endroits, percent les nues.*" (extrait de Evelyn's diary in Engel, 2005)

Progressivement les regards évoluent. Les prémices du romantisme comme genre littéraire vont contribuer à une lecture plus attentive des paysages conduisant à des descriptions plus objectives de ceux-ci. Ainsi, en 1741, William Windham (1717-1761), jeune militaire anglais, accompagné par Richard Pococke (1704-1765), explorateur de passage à Genève partent à l'ascension du Montenvers. Ils en rapportent un récit dans lequel Windham décrit ainsi la Mer de glace : "*Je vous avoue que je suis extrêmement embarrassé à vous en donner une idée juste, ne connaissant, de tout ce que j'ai encore vu, rien qui y ait le moindre rapport. La description que donnent les voyageurs des mers du Groenland me paraît en approcher le mieux. Il faut s'imaginer un lac agité d'une grosse bise et gelé tout d'un coup ; encore ne sais-je pas bien si cela ferait le même effet.*" (extrait de relation d'un voyage aux glacières de Savoie en l'année 1741 in Engel, 2005).

Scientifiques explorateurs et premiers touristes aventuriers vont progressivement défricher ces destinations alpines et les faire mieux connaître, entraînant dans leur sillage les premiers flux touristiques. Les paysages de montagne suscitent dorénavant curiosité et engouement. Leurs premières descriptions s'appuient, suivant les auteurs, principalement sur l'une des trois dimensions décrites par Reichler (2002) : bio-physique (objective), socio-culturelle et individuelle. Ainsi, la « *caverne de l'Arveyron* », grotte glaciaire située au débouché du glacier du Bois, près de Chamonix est décrite pour la première fois par l'ingénieur genevois Martel en 1742, elle l'est ensuite par de nombreux voyageurs dont le jeune pasteur André César Bordier (1746-1802) et Marc Théodore Bourrit (1739-1819) chantre de l'église cathédrale de Genève, tous les deux en 1773, puis par de Saussure en 1786. Chacun de ces auteurs met en avant principalement l'une des trois dimensions précitées par le choix du vocabulaire employé ou bien la rhétorique du discours utilisée (Guyot, 2006) (Figure 2.10).

En 1786, on estime à 1700 le nombre de touristes qui se sont rendus à Chamonix (Equipe MIT, 2005). Tous ces témoignages rendent les Alpes populaires bien au-delà de leurs frontières et leur fréquentation se développe. La vallée de Chamonix, connaît un engouement croissant dont on peut retracer l'historique (Tableau 2.3). Les 5 millions de visiteurs y seront dépassés en 1959 (Vellozzi et al., 2002).

Année	1786	1829	1850	1865	1892	1905	1938
Fréquentation	1700	3 000	5 000	12 000	24 000	130 000	500 000

Tableau 2.3 : Evolution de la fréquentation touristique dans la vallée de Chamonix (inspiré de Pralong, 2006)

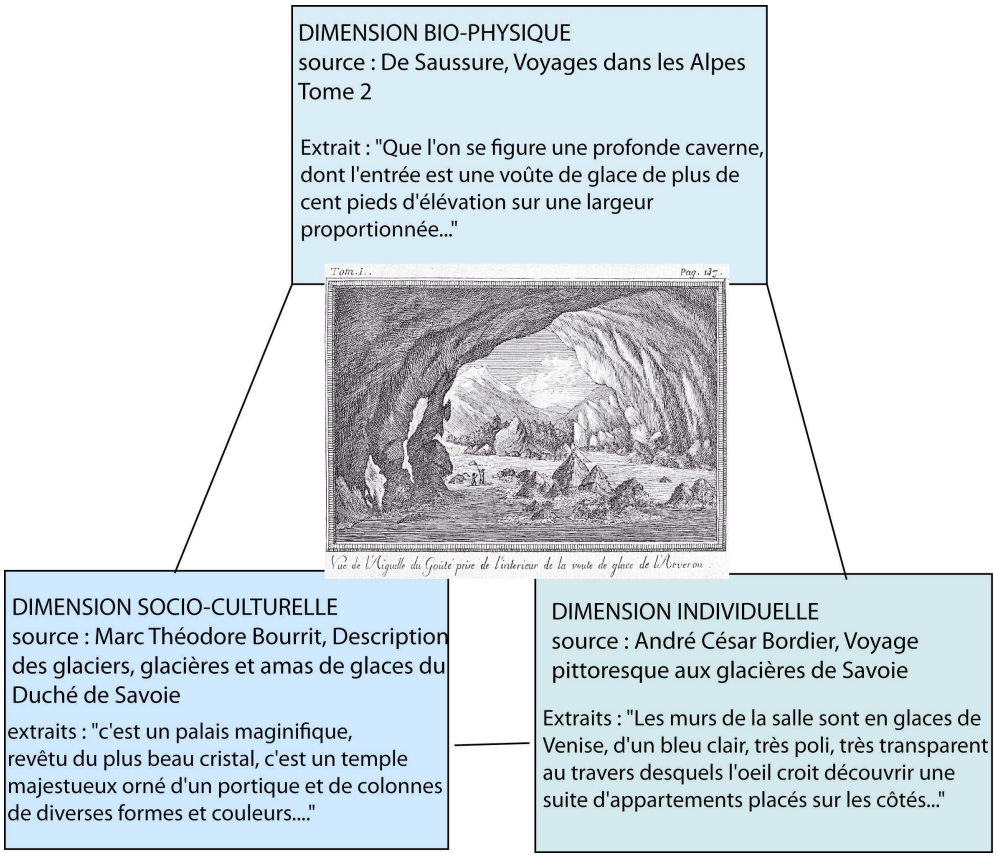


Figure 2.10 : Le triangle du paysage appliqué à la grotte de l'Arveyron.

D'autres acteurs ont joué un rôle important dans la naissance du mythe alpin. Peintres et écrivains ont ainsi donné leurs lettres de noblesse à ces paysages qui désormais ne font plus peur. Récits simples ou héroïques et peintures d'une nature sauvage et grandiose, vont leur permettre d'accéder au sublime, et bien sûr au romantisme. En 1728, Albrecht Von Haller (1708-1777), savant bernois, publie, après son voyage dans les Alpes, son poème "*Die Alpen*" qui décrit une vision simple, pure, primitive et naturelle de ces régions éloignées et de leurs habitants. Il situe son idéal montagnard dans l'Oberland bernois (Boshung, 2000). Quelques années plus tard, en 1844, Charles Dickens (1812-1870), venu à Chamonix avec femme et enfant parle de "*la vaste chaîne du mont-Blanc, avec ses montagnes secondaires qui paraissent toutes petites, sur ses flancs majestueux, mais qui s'élèvent en innombrables ébauches de clochetons gothiques*" (in Jean, 1997).

Thomas Ender (1793-1875), aquarelliste autrichien peint de nombreux sommets et glaciers des Alpes, riche fond iconographique d'une précision telle que certains de ses tableaux sont mis à profit aujourd'hui pour évaluer le recul des glaciers (Figure 2.11). Ces paysages font partie d'une commande de l'archiduc Jean d'Autriche (1782-1859) qui souhaitait conserver le souvenir pictural des richesses naturelles de son pays et en particulier celles concernant : la géologie, les ressources minières et minérales, la botanique et le

Figure 2.11 : Le glacier Pasterze en 1830 (T. Ender)

folklore. Une grande partie de ces œuvres sont exposées au Muséum d'Histoire Naturelle de Vienne. Elles illustrent les thèmes présentés dans les différentes salles de collection.

Parfois, les scientifiques s'adressent directement aux peintres afin d'immortaliser leurs explorations, premières formes d'une communication servant à témoigner des recherches conduites dans ces espaces où désormais le grandiose a remplacer l'hostile. Ainsi, Martin Disteli (1802-1844), participe en 1830 à l'expédition de Franz Josef Hugi dans les Alpes bernoises au pied du glacier du Rottal. Il peindra ensuite une scène montrant un cartographe, un botaniste et deux géologues au travail (Figure 2.12) (Jean-Petit-Matile, 1987).

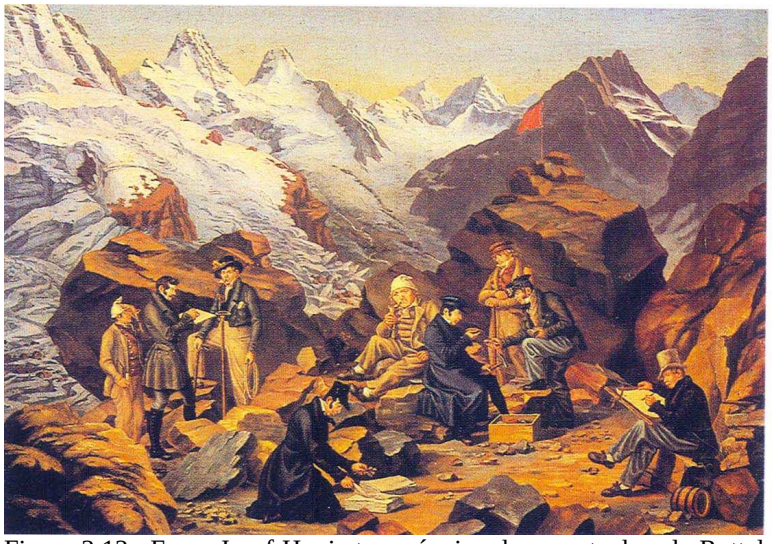


Figure 2.12 : Franz Josef Hugi et son équipe de savants dans le Rottal, 1830 (Disteli Martin)

Dès le XIXe siècle partout dans les Alpes, des aménagements sont réalisés afin de faciliter l'accès à ces sites pour la plupart enclavés, de loger les touristes dont le nombre augmente rapidement et d'assurer la mise en valeur des sites naturels, ou bien la pratique de nouvelles activités comme le ski dès le début du XXe siècle. Dans la vallée de Chamonix, le grand hôtel du Montenvers à 1913 m d'altitude, est construit en 1880. Au chemin empierré qui y conduit est ajouté en 1908 un chemin de fer. Les touristes les plus audacieux pouvaient alors traverser la mer de glace et rejoindre la cabane du Chapeau sur sa rive droite afin de redescendre dans la vallée en empruntant le passage du « mauvais pas ». Le retrait glaciaire rend désormais cette classique boucle impraticable au grand public. Le train à crémaillère conduit encore de nos jours près de 800 000 personnes (Chiffre ODIT France) chaque année sur le glacier. Une grande partie d'entre elles ne descendent sur celui-ci que pour visiter la grotte de la Mer de glace, attraction touristique majeure depuis une cinquantaine d'années. Cette grotte, artificielle, est taillée chaque été au cœur du glacier et permet d'admirer des sculptures de glace. En Autriche, le massif du Grossglockner, point culminant du pays à 3 798 m, s'ouvre au tourisme glaciaire dès 1799 et la visite de l'empereur François Joseph (1830-1916), en 1856, jusqu'à la Kaiser Franz Joseph Höhe renforce l'intérêt touristique du site. D'ailleurs, un hôtel y est construit en 1905. En 1935, l'inauguration d'une route à péage permettant de gagner les 2 365 m de la Europaplatz, prépare la révolution du tourisme motorisé qui ne fait que croître depuis. En 1985, 76 % des touristes visitant les Alpes autrichiennes, s'y rendent en voiture, et 14 % en autocar, les 10 % restant utilisant le train (Pagenstecher, 2004). En 1962, année record de la fréquentation, 1 314 533 visiteurs ont gagné le sommet de la route (Hutter, 2008). Depuis, la fréquentation du site est en moyenne de un million de visiteurs par an. Ceux-ci peuvent gagner le glacier par un sentier et depuis peu, un funiculaire.

Ces différentes pratiques relèvent elles déjà du géotourisme ? Les visiteurs sont bien sûr attirés par la découverte de paysages dont on leur a vanté la beauté, le pittoresque ou le côté sauvage, mais pour autant, rien n'est organisé dans l'offre touristique pour tenter d'en expliquer la formation, la spécificité ou bien les caractéristiques géologiques. Longtemps, les Alpes ont simplement accueilli un tourisme contemplatif, voire sportif se développant parallèlement à l'augmentation des structures hôtelières et de l'amélioration des voies de pénétration au cœur

du massif. Les paysages sont mis en scène mais pour le seul plaisir des yeux. Par ailleurs, rien n'est réellement envisagé pour préserver la ressource. Que le niveau des glaciers s'abaisse et quelques échelles supplémentaires sont posées afin de faciliter leur accès, que l'entrée d'une cavité souterraine soit peu praticable et une galerie artificielle est percée, qu'un site d'altitude doivent être aménagé pour la pratique du ski et des moraines témoins sont aplanies sans qu'aucune trace ne soit conservée de leur existence (Reynard, 2006). L'aménagement des sites est avant tout pensé en fonction d'un tourisme qui artificialise et rentabilise la montagne comme il l'a déjà fait d'une grande partie du littoral. Même les spécificités culturelles sont gommées, le modèle de l'habitat montagnard devient le chalet tyrolien dans la négation des particularismes régionaux qui font de chaque vallée un univers que des siècles d'autarcie ont façonné. Enfin, à chaque sommet, chaque glacier, chaque vallée, chaque gorge qui fait l'objet d'une mise en tourisme on omet les spécificités liées à son origine géologique ou à son mode de fonctionnement actuel. Alors que dans le même temps de nombreux chercheurs tentent de décrypter le fonctionnement propre de nombreux géosites, les résultats de leurs recherches ne franchissent pas encore le cercle des initiés. La rencontre entre scientifiques et acteurs du tourisme n'a pas encore eu lieu. Dans un contexte plus large, la rencontre entre les acteurs du tourisme et ceux du patrimoine ne s'est pas non plus encore faite ! Il faut attendre le tournant des années 1980 pour que la notion de patrimoine gagne l'environnement ainsi que les vestiges du passé industriel conférant de nouvelles valeurs d'usage à des objets jusque là confinés à la seule contemplation esthétique mais aussi à des objets auxquels on n'avait pas prêté attention voire même que l'on avait laissé tombé dans l'oubli. Ainsi, les mines du Fournel, qui pourtant avaient été intrinsèquement liées à l'histoire de l'Argentière La Bessée (Hautes Alpes), ont été complètement oubliées après leur fermeture en 1905 et le lent travail de destruction entamé par les crues du torrent. Il fallut attendre la fermeture programmée des usines Péchiney, qui avaient assuré la prospérité du pays durant tout le XXe siècle pour qu'un travail de recherche soit conduit dans la perspective de mieux connaître l'histoire de l'exploitation minière et les potentialités d'un développement touristique associé (Cowburn, 2000).

Face à cette perte d'identité de l'offre, la demande des touristes évolue. Segmentation des clientèles, raccourcissement des durées de séjours mais étalement de leur répartition sur l'année, conduisent à l'émergence de nouvelles niches touristiques. Elles mêmes convoitées par des acteurs locaux devenus si ce n'est maîtres, du moins responsables du développement de leur territoire avec le recul des politiques centralisées de nombreux états.

5.3 Naissance du géotourisme dans les Alpes

Parallèlement au développement général du tourisme dans les Alpes, évoqué précédemment, les premières réalisations géotouristiques voient le jour, en Europe. L'Angleterre se montre pionnière en ce domaine : le premier géotrail urbain, déjà évoqué page 20, y est créé en 1881 à Rochdale (Lancashire) et en 1887, le site de Fossil Grove à Glasgow, où l'on a découvert une forêt pétrifiée est rapidement protégé et mis en valeur pour la visite, qui perdure encore aujourd'hui (Hose, 2006). Dans les Alpes les premières réalisations datent de la même période.

Au XIXe siècle, les muséums d'histoire naturelle ouvrent leur porte dans la plupart des métropoles alpines. Pour certains, ils marquent la transformation d'un cabinet de curiosités préexistant, pour d'autres ils révèlent l'importance de l'activité des sociétés savantes locales. Si leur rôle est avant tout la conservation des collections qui constituent leur fond, ils se voient investis progressivement d'une mission d'animation tout aussi importante. Les scientifiques désormais attachés à ces institutions vont prospecter les Alpes à la recherche de spécimens pour leur collection, des échanges vont avoir lieu avec des collègues étrangers, et progressivement va être confortée la mission d'accueil et d'éducation du public en visite dans ces muséums. Ainsi, le muséum d'Histoire naturelle de Grenoble voit le jour en 1848, principalement sous l'impulsion du legs par Emile Gueymard (1788-1869) de son importante collection

d'échantillons alpins.4 737 roches, minerais et cristaux issus de la collection Shreiber (1746-1827) qui parcourut les départements du Simplon et du Léman et de la collection personnelle de Gueymard, qui exprime alors ce vœu : *Je serai heureux, si le dépôt que j'offre à mon pays, présente quelque intérêt à notre jeunesse si laborieuse et aux savants qui viennent saluer tous les ans la plus belle chaîne de France.* (Lettre d'Emile Gueymard au maire de Grenoble, 7 janvier 1849) Cette naissance n'est en fait que le prolongement des nombreux échanges que vit le cabinet de curiosités préexistant sous la direction du botaniste Villars (1745-1814) qui accueillit, outre d'autres botanistes, des minéralogistes étrangers principalement germanophones (Rochas, 2006). Ces premiers muséums vont mailler le territoire alpin et donner lieu à de nombreux voyages géologiques qui, s'ils ne sont pas du tourisme, vont révéler certaines destinations qui deviendront des sites clés du géotourisme actuel. Ainsi, les paléontologues du muséum d'histoire naturelle de Milan découvrent le site de Besano, au Monte San Giorgio qui est devenu depuis patrimoine mondial de l'UNESCO pour la richesse de sa faune marine du Trias moyen.

Dans le même temps, avec le développement du tourisme dans les Alpes des curiosités géologiques sont aménagées pour la visite. Ainsi, la première grotte accueille le public dès 1832. La grotte d'Oliero, située en Vénétie a été découverte quelques années auparavant par Alberto Parolini (1788-1867), qui le premier en traversa le lac souterrain. Issu d'une riche famille vénitienne, ce naturaliste, qui avait étudié à Padoue puis parcouru l'Europe à la rencontre d'autres savants rapporta de l'une de ses expéditions à la grotte de Postojna des protées qu'il relâcha dans celle d'Oliero, multipliant ainsi les sources d'intérêt à la visite de la cavité. La renommée est rapide et au printemps 1834, Gorge Sand visite le site. Elle décrit ainsi son expérience dans ses « lettres d'un voyageur »: *Trois grottes d'une merveilleuse beauté pour la forme et les couleurs du roc occupent les enfoncements de la gorge. L'une a servi longtemps de caverne à une bande d'assassins ; l'autre recèle un petit lac ténébreux que l'on peut parcourir en bateau et sur lequel pendent de très belles stalactites. Mais c'est une des curiosités qui ont le tort d'entretenir l'inutile et insupportable profession de touriste. Il me semble déjà voir arriver, malgré la neige qui couvre les Alpes, ces insipides monotones figures que chaque été ramène (…) véritable plaie de notre génération qui a juré de dénaturer par sa présence la physionomie de toutes les contrées du globe, et d'empoisonner toutes les jouissances des promeneurs contemplatifs, par leur oisive inquiétude et leurs sottes questions.* Comme elle le raconte ici, il semble qu'à l'époque ce soit davantage l'expérimentation du monde des ténèbres qui attire les visiteurs, que la recherche d'une quelconque compréhension de celui-ci mais il faut dire que la karstologie n'en est alors elle-même qu'à ses balbutiements. Depuis, les choses ont changé puisque la commune, en partenariat avec le groupe spéléologique local a ouvert en plus de la visite des grottes, en 1994, un musée du karst qui propose de mieux faire comprendre la circulation des eaux souterraines, la nécessité de leur protection et les contraintes d'aménagement que cela suppose.

D'autres lieux géotouristiques vont progressivement voir le jour :
Le jardin des glaciers, à Lucerne, est un site géotouristique intra urbain qui donne à découvrir l'extension passée des glaciers. Découvert en 1873 lors de travaux de terrassement, l'intérêt scientifique du lieu fut immédiatement reconnu par le géologue lucernois Franz Joseph Kaufmann, qui, soutenu par Albert Heim, célèbre géologue Suisse, décida de poursuivre la mise à jour de ces vestiges glaciaires et d'en faire une attraction touristique.
Principalement composé d'impressionnantes marmites glaciaires, le jardin propose depuis plus d'un siècle un produit qui n'a cessé d'évoluer (Figure 2.13).

Maquette animée de la création des marmites (aujourd'hui conservée comme illustration de l'histoire des sciences car l'assimilation à la formation des marmites de géant était erronée), reconstitution scientifico-artistique des paysages suisses avant et pendant la glaciation et enfin depuis quelques années, nouveau centre d'interprétation sur les glaciers. Il accueille chaque année plus de 120 000 visiteurs. Dès l'origine, ce géosite a été mis en valeur dans un but éducatif. Alors que la théorie des glaciations étaient une nouveauté scientifique, ce site a été voulu comme une parfaite illustration de celle-ci.. Cette orientation ne s'est d'ailleurs pas démentie puisque récemment le pavillon d'exposition a été repensé pour abriter une exposition concernant le réchauffement climatique et son impact sur les glaciers suisses.

Figure 2.13 : Jardin des glaciers (Lucerne)

C'est à cette époque aussi que de nombreuses gorges ont été aménagées afin de faire découvrir aux visiteurs l'impressionnant travail de l'érosion. Ainsi, au sud du land de Bavière, dans la commune d'Oberstdorf, le révérend Johanes Schiebel, de Tienfenbach, entreprit de rendre accessible le site afin de développer le tourisme dans la vallée. Les premiers dynamitages eurent lieu en 1904 et l'inauguration le 04 juillet 1905. Creusées à la faveur de failles nord-sud affectant la formation du Schrattenkalk, séquence marno-calcaire de la fin du crétacé inférieur appartenant aux nappes bavaroises, les gorges entaillent les nappes helvétiques. L'érosion est particulièrement due au travail des eaux de fonte des glaciers qui occupaient le haut de la vallée durant les glaciations würmiennes. Le site est ouvert toute l'année, la fréquentation hivernale permettant d'y découvrir un paysage glacé des plus étonnant. La fréquentation des gorges de Breitachklamm est particulièrement importante puisque celles-ci accueillent chaque année près de 300 000 touristes. Devenu le 31 ème plus beau géotope de Bavière (cf première partie), un centre d'interprétation y a été aménagé en 2005, dans le cadre d'un programme Interreg IIIA permettant de mieux y mettre en valeur l'environnement des gorges.

Quant aux premières visites touristiques dans les mines ou carrières des Alpes, il faudra attendre bien plus tard puisque cette offre ne s'est développée que depuis une trentaine d'années, accompagnant la fermeture des sites d'extraction avec la création de nouvelles ressources économiques.

5.4 Conclusion

Bien avant que n'apparaisse le terme de géotourisme, de nombreux voyageurs parcouraient déjà les Alpes à la recherche pour certains des éléments susceptibles d'en décrypter l'histoire géologique et pour d'autres de paysages pittoresques. Peut-on pour autant dans ces deux cas parler déjà de formes ancestrales de géotourisme ?
Dès le début du XIXe siècle, les premiers guides de préparation des excursions géologiques de terrain sont édités montrant ainsi qu'il existe déjà un public de voyageurs dont les excursions ont un but géologique. A l'époque, la distinction entre géologue professionnel et amateur est difficile à définir, riches aristocrastes ou écclésiastes érudits font partie des premiers explorateurs alpins. On peut donc estimer que parmi les premiers grands noms de la géologie alpine, certains pratiquaient déjà ce qui peut être considéré comme les prémisses d'un tourisme géologique. Ainsi, lorsque De Saussure parcourt les montagnes, c'est parfois accompagné de sa

famille et ses observations scientifiques n'exluent pas la visite de sites permettant la découverte de panoramas remarquables…
D'ailleurs, de nombreux voyageurs parcourent les Alpes à la découverte de ces paysages spectaculaires et comment exclure que l émotion causée par la contemplation de ces derniers, qui en montagne sont en grande partie marqués par l'univers minéral ne soit pas déjà le premier degré d'une certaine forme de géotourisme. D'autant que si les guides de voyages actuels regorgent d'information commerciales, ceux de l'époque étaient enclin avec plus ou moins de rigueur sans doute à la description précise des sites à visiter, descriptions qui incluaient la pluaprat du temps de longues explications scientifiques Ainsi, les guides d'Adolphe Joanne décrivent toujours avec beaucoup de détails les sites que le voyageur peut découvrir le long de son trajet.

Chapitre 6 : Inventaire de l'offre géotouristique dans les Alpes

Dans la perspective de sélectionner les géosites alpins qui permettront de raconter l'histoire géologique de cette chaîne de montagne, un inventaire exhaustif de l'offre géotouristique à l'échelle des six pays étudiés a été réalisé . Les sites retenus proposent tous la mise en valeur d'un ou d'un ensemble de géotopes. Ils peuvent participer directement à l'activité économique des territoires par le droit d'entrée, le personnel qui y travaille ou les produits dérivés qu'il génère : fascicule d'interprétation voire sorties assurées par des professionnels (accompagnateurs moyenne montagne formés). D'autres sites y participent de façon indirecte en s'inscrivant dans l'offre touristique globale des territoires qui les concernent : sentiers d'interprétation équipés de panneaux, expositions libre d'accès…

Les cinq catégories de géosites exposées précédemment ont donc été retenus : les gorges, grottes, mines et carrières, sentiers d'interprétation, muséum ou musées de site dont le sujet principal est la géologie. Aucune restriction n'a été posée et la diversité des sites inventoriés est bien sûr importante, tant dans leur fréquentation : de quelques centaines à 340 000 visiteurs par an, leur ancienneté : de plusieurs siècles à moins d'un an ou leur mode de gestion : public, privée…

Le territoire retenu est celui des Alpes tel que défini par la Convention Alpine. La ville de Nice situé à la limite du territoire de cette Convention a été retenue malgré tout en raison des géosites touristiques quelle possède et qui ont un lien direct avec les Alpes proches.

L'élaboration de cet inventaire a nécessité la compilation d'informations provenant de quatre sources principales :

- Des questionnaires envoyés de façon systématique : à des collègues géologues impliqués dans la valorisation du patrimoine géologique de chacun des six pays, aux organismes géologiques officiels (services géologiques nationaux, syndicats de carriers…) ainsi qu'aux ONG liées à la géologie (associations de professionnels ou d'amateurs en paléontologie, minéralogie, mines et carrières, aux différents échelons territoriaux : nationaux, régionaux ou locaux suivant les circonstances…) mais aussi aux différents acteurs du tourisme de l'échelon régional à l'échelon local. Près de deux cents acteurs institutionnels ou privés ont ainsi été contactés.
- Des questionnaires envoyés à l'ensemble des zones protégées de l'arc alpin : parcs nationaux, parcs naturels régionaux, réserves naturelles ayant un patrimoine géologique important, mais aussi géoparcs, le cas échéant.
- La recherche sur internet des sites géotouristiques commerciaux (musées, grottes…), des sites institutionnels du tourisme ou bien de la gestion territoriale…
- La visite d'une centaine des sites retenus afin d'y conduire des enquêtes, de connaître le produit géotouristique, d'y récolter des informations complémentaires.

Les résultats sont présentés pays par pays, depuis l'extrémité sud-ouest de la chaîne à son extrémité nord-est. 388 géosites touristiques ont été recensés, un numéro a été attribué à chacun et correspond aux listes données en annexe.

6.1 Dans les Alpes françaises, une répartition hétérogène, principalement centrée sur les sentiers et les musées

En France, les Alpes s'étendent sur la région Rhône-Alpes ainsi que la région Provence Alpes Côte d'Azur. Appartenant aux Alpes Occidentales, on peut y distinguer les zones externes constituées par les massifs cristallins et leur couverture séparées des zones internes par le chevauchement pennique frontal ou front pennique.

Les Alpes externes, correspondent au domaine continental européen et sont caractérisées par des déplacements limités lors de la compression alpine. Elles sont constituées par les chaînes subalpines, comportant des roches sédimentaires du Mésozoïque et du Cénozoïque et les massifs cristallins externes formés de roches du Paléozoïque. Les principaux massifs sont, du nord vers le sud les Aiguilles-rouges, le Mont-Blanc, qui abrite le point culminant des Alpes, à 4810 m, Belledonne, les Ecrins-Pelvoux et l'Argentera-Mercantour. Ces massifs, qui forment l'ossature de la chaîne, sont flanqués à l'ouest des massifs subalpins correspondant à leur couverture, soit, du nord vers le sud : les Aravis, les Bornes, les Bauges, la Chartreuse, le Vercors et le Dévoluy. Plus à l'Est, la zone ultradauphinoise, est un mince liséré qui se développe surtout dans le pays des Arves et correspond à la couverture sédimentaire orientale des massifs cristallins externes.

Le **front pennique**, est un important chevauchement qui sépare les Alpes externes des Alpes internes. Il a fonctionné en décrochement puis en faille normale dans son dernier stade.

Les **Alpes internes**, regroupent les domaines valaisans, briançonnais, sub-briançonnais, liguro-piémontais et piémontais où affleurent des ophiolites témoins de l'océan alpin. Elles ont été profondément affectées par le métamorphisme alpin qui a accompagné la subduction de l'océan liguro-piémontais puis la collision finale de la chaîne.

Enfin, les **Préalpes du Chablais**, empilement de nappes issues des différents domaines paléogéographiques alpins. Le schéma structural simplifié des Alpes occidentales permet de distinguer les différentes unités précédemment décrites (Figure 2.14).

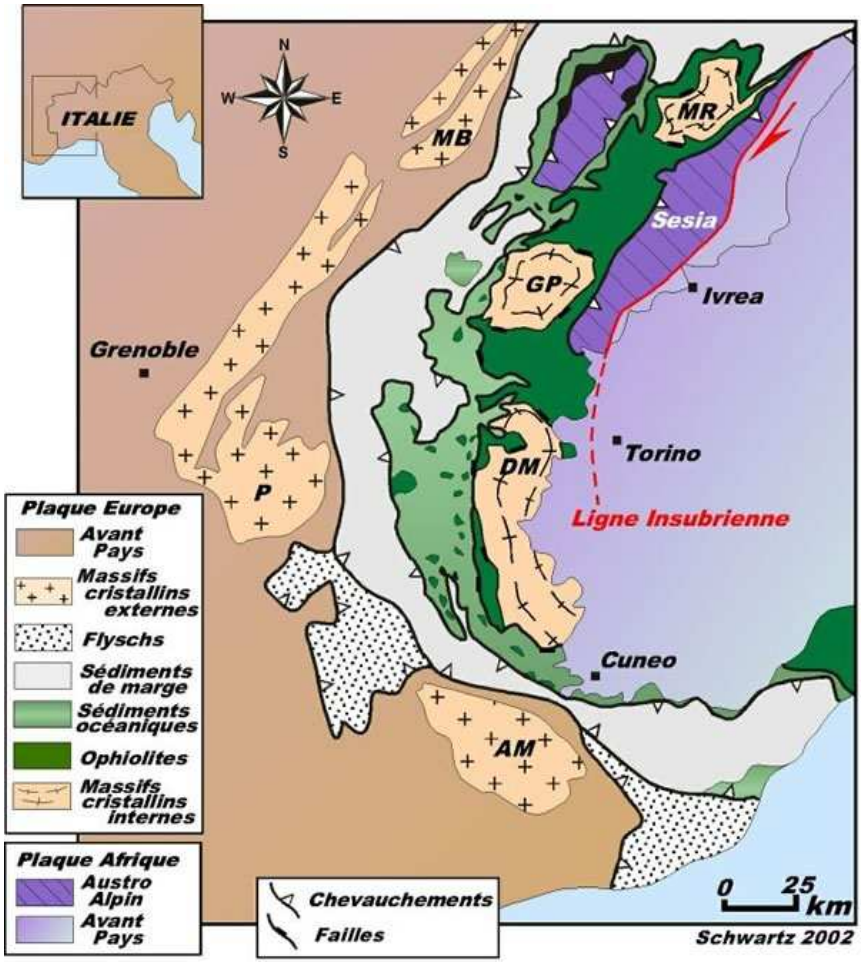


Figure 2.14 : Carte synthétique des Alpes occidentales (source planet-terre)

79 sites géotouristiques ont été recensés, ils se répartissent ainsi (Figures 2.15, Carte 2.1) :

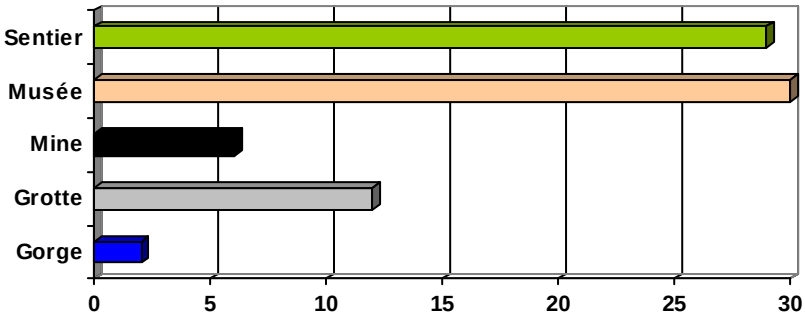
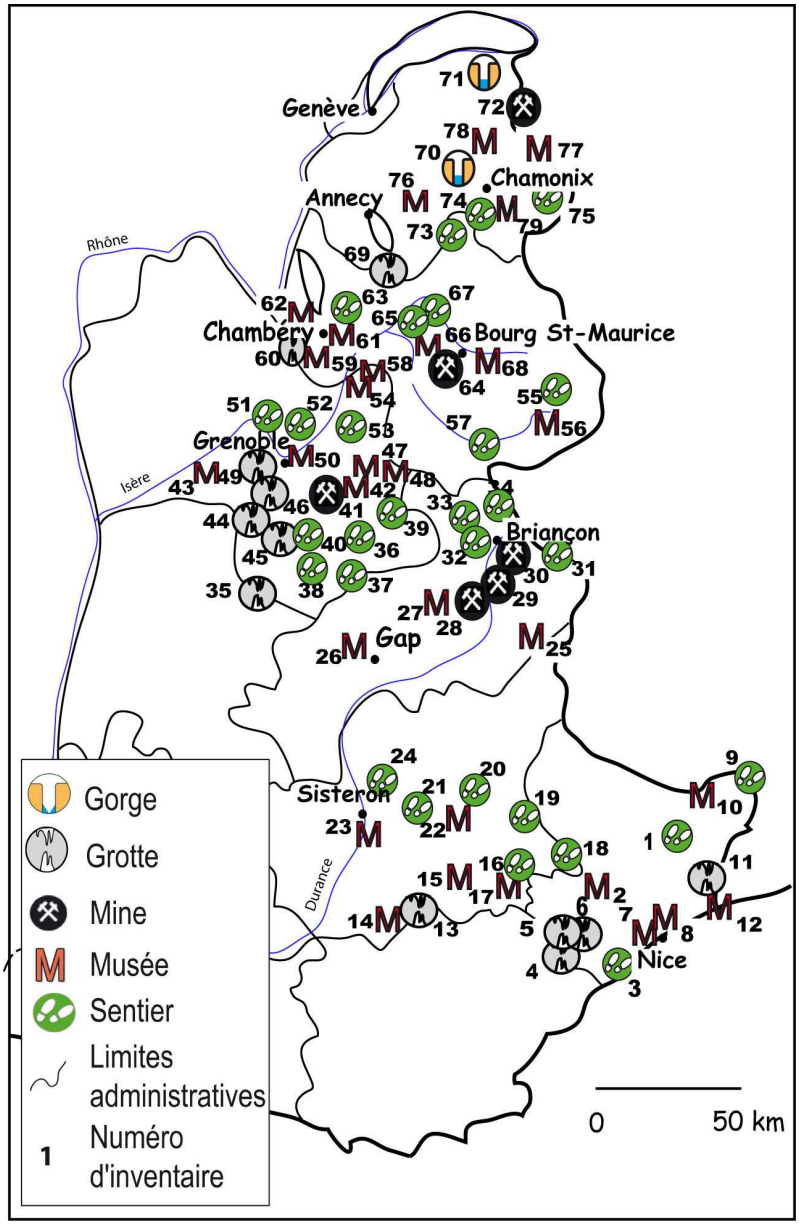


Figure 2.15 : Répartition typologique de l'offre géotouristique dans les Alpes françaises (2009)



Carte 2.1 : Répartition géographique de l'offre géotouristique dans les Alpes françaises (2009)

La catégorie la plus représentée est celle des musées, caractéristique que l'on retrouvera dans l'autre pays latin, l'Italie ainsi que dans la partie non-germanophone de la Suisse.

L'offre géotouristique est importante dans les territoires organisés en territoire de projet. Ainsi, le géopark de la Réserve géologique de Haute-Provence propose une offre diversifiée qui est également importante dans le parc naturel de Chartreuse par exemple. Au contraire, entre Gap et Sisteron l'offre géotouristique est absente mais dans cette zone située à la jonction de deux départements, il n'existe pas encore de structures porteuses de projets tournés vers le tourisme de nature. Enfin, au regard des thèmes abordés par les sentiers d'interprétation celui des risques naturels tient une place importante puisqu'il existe sept réalisations. Le service de Restauration des terrains de Montagne (RTM) est à l'origine de cinq d'entre eux dans le département de l'Isère sur les thèmes des crues torrentielles, glissement de terrain… Le parc naturel des Bauges en partenariat avec le service RTM de la Savoie est en cours de réalisation d'un sentier qui portera sur le glissement de terrain des Garins au-dessus du Châtelard au cœur du massif.

6.2 Au cœur des Alpes italiennes, une offre muséographique particulièrement riche.

Les Alpes s'étendent sur 6 des 19 régions italiennes. Trois unités structurales y sont représentées (Figure 2.16) :

Le Sudalpin, caractérisant les Alpes méridionales et dont la limite nord court le long de la faille périadriatique. Ce décrochement dextre majeur est souligné par des intrusions granitiques récentes, de l'Oligocène, que l'on retrouve dans le Val Bregaglia ou à Adamello. Le socle est réprésenté par une croûte continentale qui affleure dans la série d'Ivrée et des Lacs. Le Permien est constitué par un épais complexe volcanique acide dans la région de Bolzano. La couverture sédimentaire est composée des calcaires et dolomies triasiques comportant là encore des traces d'activité volcanique. Les Dolomites sont le massif le plus célèbre de cette série.

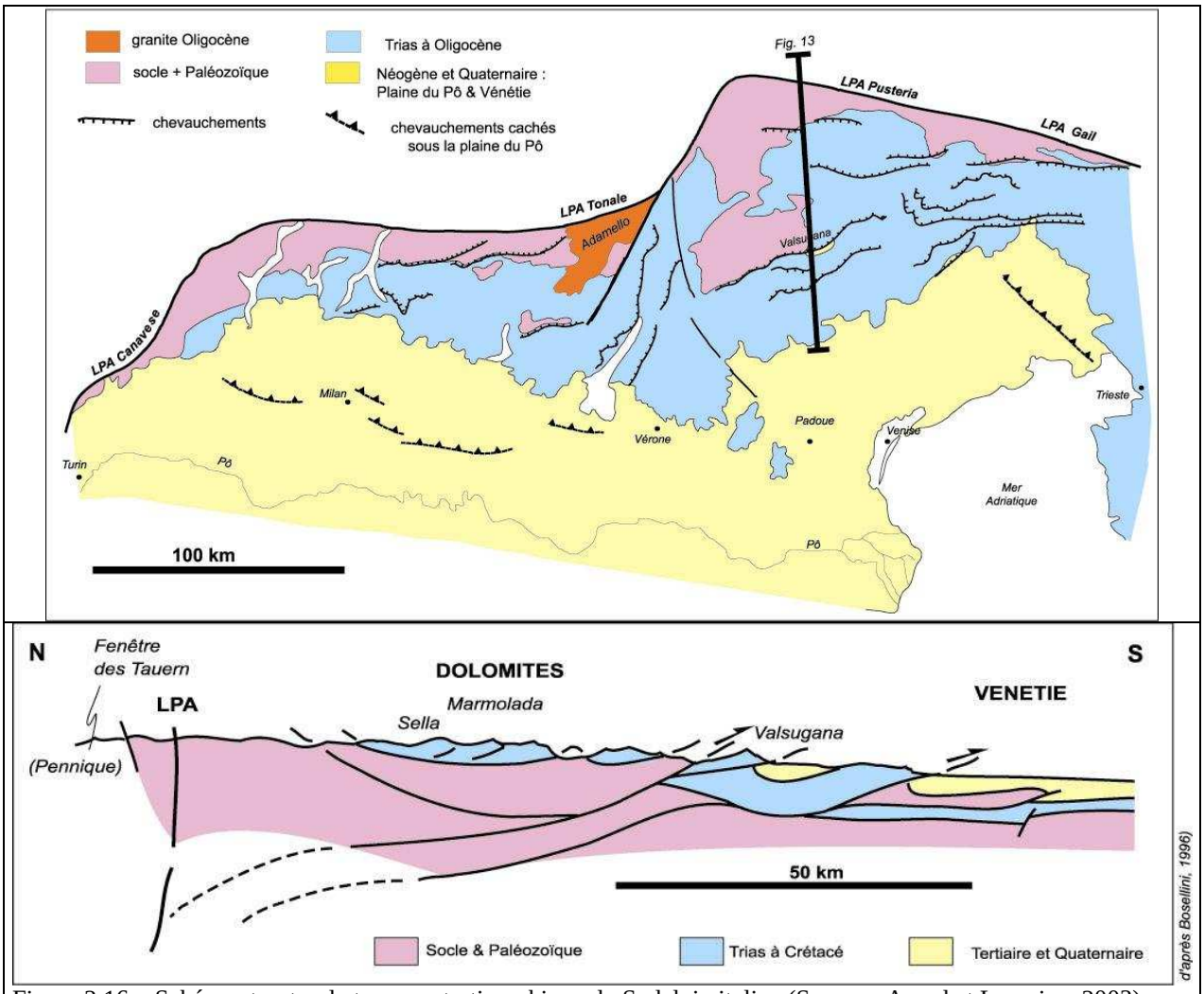


Figure 2.16. : Schéma structural et coupe stratigraphique du Sudalpin italien (Source : Agard et Lemoine, 2003)

Les Alpes Occidentales avec la présence, au nord-ouest du pays, au-delà de la faille péri-adriatique, du domaine pennique. Il est représenté par les massifs cristallins internes de Dora-Maira et du Grand Paradis ainsi qu'une série piémontaise qui laissent affleurer ici un socle océanique comme au mont Viso.

Le bassin molassique de la plaine du Pô, de plus de 10 km d'épaisseur de sédiments d'âge oligocène à quaternaire (Debelmas, 1999).

87 sites géotouristiques ont été recensés, ils se répartissent ainsi (Figures 2.17, carte 2.2) :

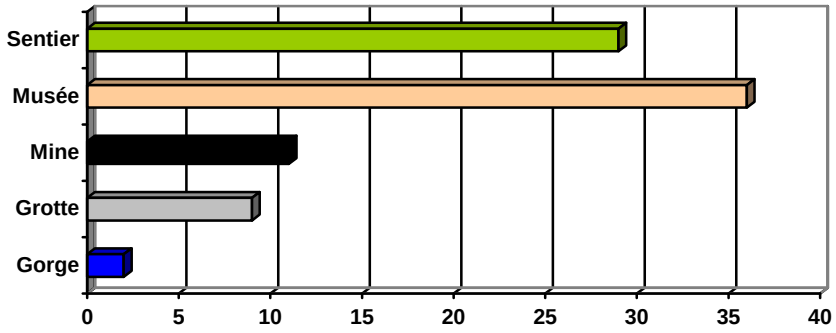
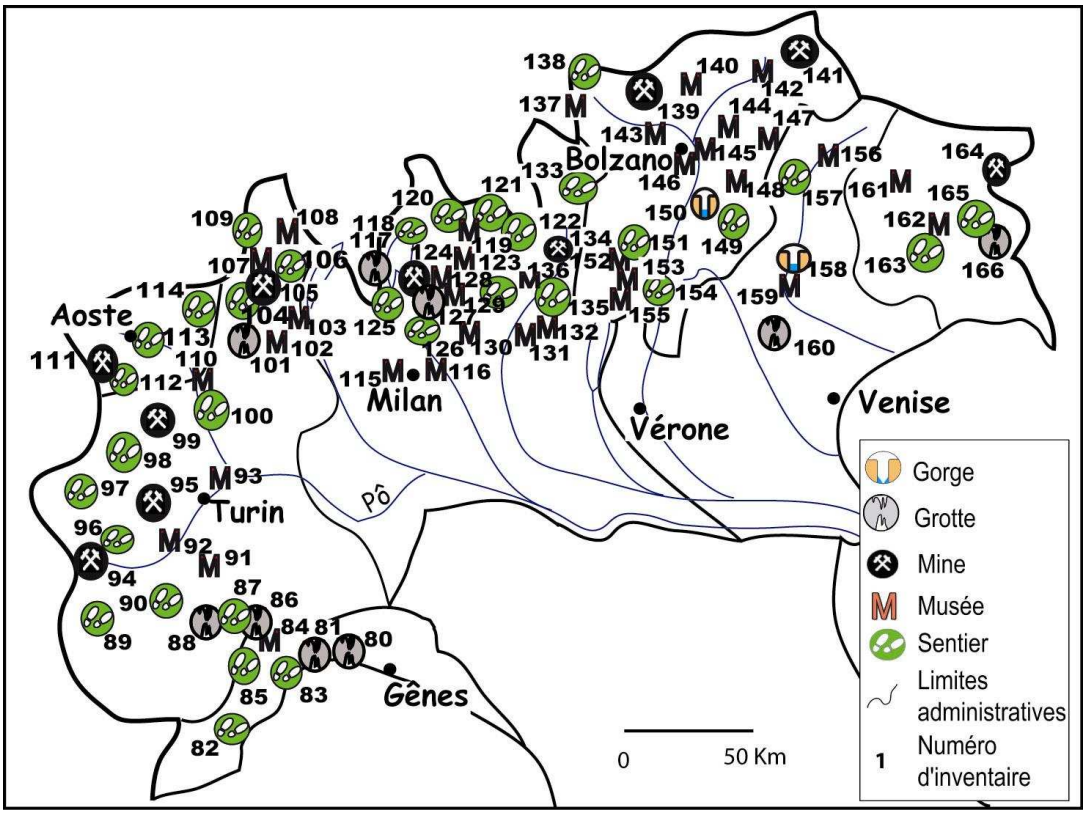


Figure 2.17 : Répartition typologique de l'offre géotouristique dans les alpes italiennes (2009)



Carte 2.2 : Répartition géographique de l'offre géotouristique dans les alpes italiennes (2009)

L'Italie arrive en tête pour son offre muséographique avec 32 musées au sens large du terme sur son territoire alpin. Les muséums d'histoire naturelle ont su renouveler leur offre et sont parfois, comme dans le Trentin, devenus les têtes de réseau d'un maillage territorial qui comporte plusieurs niveaux d'outils de médiation géoscientifique, du musée aux sites de plein air. Le pays s'est très vite emparé du courant des écomusées afin de maintenir l'attractivité des territoires ruraux, de lutter contre la désertification et de redonner une identité à des territoires en pleine mutation. Ainsi, le Piémont a instauré une structure à l'échelle régionale « *Piemonte ECOMUSEI* » afin de coordonner les différents écomusées qui ont vu le jour ces trente dernières années, soit une cinquantaine pour l'ensemble de la région.

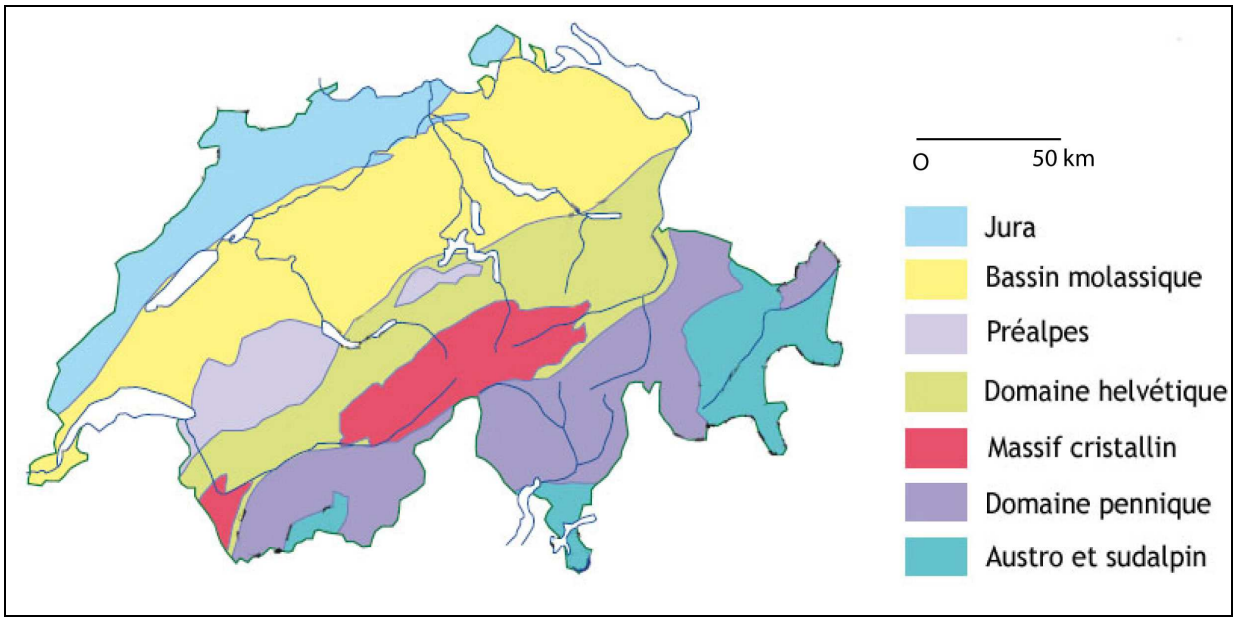
Une autre particularité est à relever dans ce pays, l'attachement des Italiens à la pierre ornementale qui explique la mise en valeur touristique de nombreuses anciennes carrières. Ainsi, au nord du Piémont, dans le Val d'Ossola, un programme PIC-Interreg dénomé OSMATER (Osservatorio Sub-Alpino Materiali Territorio Restauro) a pris fin en 2006. Transfrontalier avec la Suisse il a réuni des acteurs locaux, en charge du tourisme ou de l'aménagement du territoires, des chercheurs de l'Université de Turin ainsi que des

professionnels de la filière économique de l'extraction des pierres ornementales afin de consolider la filière qui représente : 19 types de pierres ornementales, 81 sites d'extraction et 150 entreprises de transformation. Un volet géotouristique y était inscrit avec la création à Beura, aux portes du Parc National du Val Grande d'un sentier d'interprétation sur le thème des roches et de leur exploitation ainsi que la création d'un écomusée du granite à Montorfano di Mergozzo. Plus récemment, mais dans le même souci de mettre en valeur les pierres en relation avec leur origine géologique et leur emploi dans l'architecture, un guide numérique multimédia : « Pietre di Torino » a été réalisé pour la ville de Turin (Fiora, 2007). Disponible sur Internet (http://www.pietreditorino.com/), il présente 36 roches ornementales ainsi que 76 lieux ayant un intérêt pétrographique.

Enfin, certainement en relation avec les travaux de Panizza et Piacente (2003) qui ont une approche très culturelle de la géomorphologie, le pays a développé une approche également culturelle du géotourisme. Ainsi, par exemple le voyage de Goethe depuis le Nord de l'Italie jusqu'à Naples vient d'être transposé en une route géotouristique qui propose de découvrir les sites géologiques dépeints par l'auteur mais aussi les vignobles visités, les villes et leur architecture…

6.3 Dans les Alpes suisses, une répartition hétérogène qui distingue certains territoires

Les Alpes suisses représentent la partie centrale de la chaîne, la plus élevée. La ligne Insubrienne, y sépare au nord les sédiments déposés dans l'océan alpin, du continent apulo-africain situé au sud et constitué par l'austro et le sudalpin.



Carte 2.3 : Carte géologique simplifiée de la Suisse adaptée du site de l'Université de Lausanne

Les unités alpines sont représentées par (Carte 2.3) :

Les massifs cristallins : on distingue les massifs du Mont-Blanc et des Aiguilles Rouges, et plus à l'Est le plus important massif granitique des Alpes, le massif de l'Aar (550 km^2) séparé du massif du Gothard par celui du Tanesh.

Les nappes helvétiques : ces nappes essentiellement constituées de calcaire sont le prolongement des massifs subalpins externes et forment les hautes Alpes calcaires. Lors de leur mise en place de nombreuses failles sont venues les découper en plusieurs entités à la tectonique complexe. C'est dans cette zone que se situe le célèbre chevauchement des Glaris.

Les nappes penniques : Outre la région allant des Alpes valaisannes au Sud du Rhône jusqu' à la partie occidentale des Grisons, les nappes penniques s'observent en fenêtre dans la

basse Engadine et en klippe en Suisse occidentale et centrale. Les dépôts qui constituent ces nappes proviennent de bassins répartis de part et d'autre de la ride briançonnaise et qui ont emporté avec elles des écailles de leur socle. Vers le Sud, les nappes plongent verticalement le long d'un vaste accident tectonique, la ligne insubrienne, qui a provoqué au cours de la compression alpine, une surélévation du bloc nord de près de 15 km et son déplacement vers l'Ouest de 60 à 70 km. Dans le Tessin septentrional se trouvent les nappes dont l'origine est la plus profonde. Dans les Grisons occidentaux, les nappes sont nombreuses et présentent une forte composante d'ophiolites océaniques. Le pennique valaisan est le plus complexe car on y trouve un grand nombre de nappes provenant de différents secteurs de l'océan alpin et dont une partie du contenu a migré plus loin vers le Nord pour constituer, dans un ordre inversé, les différentes nappes des Préalpes.

Les Préalpes : terrains à la géologie complexe, elles sont dans l'histoire des Alpes reliées aux nappes penniques. Elles constituent les massifs des préalpes fribourgeoises, vaudoises et du Chablais. Ces massifs calcaires présentent une importante karstification.

Les nappes austro-alpines : elles affleurent dans les Grisons orientaux où elles recouvrent les nappes penniques qu'elles laissent entrevoir dans les fenêtres des Tauern et de la Basse Engadine. Elles ont certainement atteint des terrains situés bien plus à l'Ouest mais l'érosion les a déjà en grande partie décapées. Dans ces sédiments, le Trias domine mais contrairement à la trilogie présente au nord on n'y rencontre que des sédiments dolomitiques et calcaires très épais témoignant de l'existence tout au long de cette période d'une vaste plate-forme en subsidence. Ces roches sont traversées entre le Bergell, la Valtelline et la Valle della Mare d'un complexe granitique dont l'intrusion a eu lieu au Tertiaire.
La nappe de la Dent Blanche constitue une klippe austro-alpine qui chevauche un morceau du socle européen. Ainsi, le Cervin lui-même, est un petit morceau « d'Afrique » posé sur le continent européen (Marthaler, 2004).

Les Alpes méridionales ou Sudalpin : situées au sud de la ligne insubrienne, elles sont constituées d'un socle cristallin traversé par des roches volcaniques permiennes recouvertes de sédiments mésozoïques. A l'ouest de Locarno, à la limite de la zone d'Ivrée on rencontre des roches de la croûte inférieure et à l'Est, sur le socle cristallin de la région du lac de Lugano, une puissante série de roches volcaniques d'âge permien de près de 1000 mètres d'épaisseur témoigne de l'existence d'un volcanisme d'abord effusif puis explosif. La couverture mésozoïque très variable dépend de la position qu'occupaient les bassins plus ou moins profonds répartis le long de la marge africaine, des côtes vers la dorsale océanique. (Labhart et Decrouez, 1995)

81 sites géotouristiques ont été recensés, ils se répartissent ainsi (Figures 2.18, carte 2.4) :

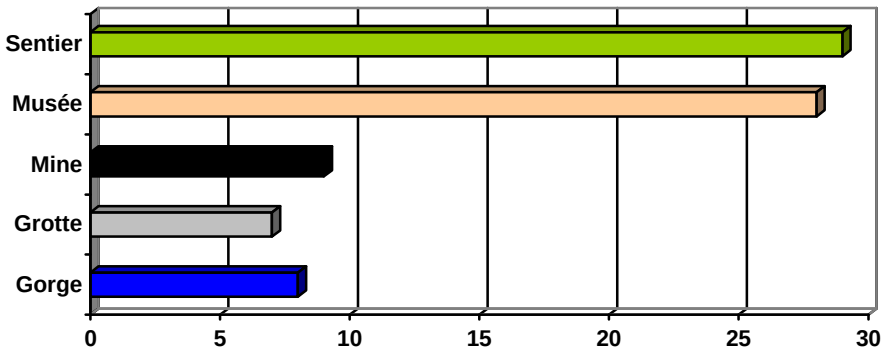
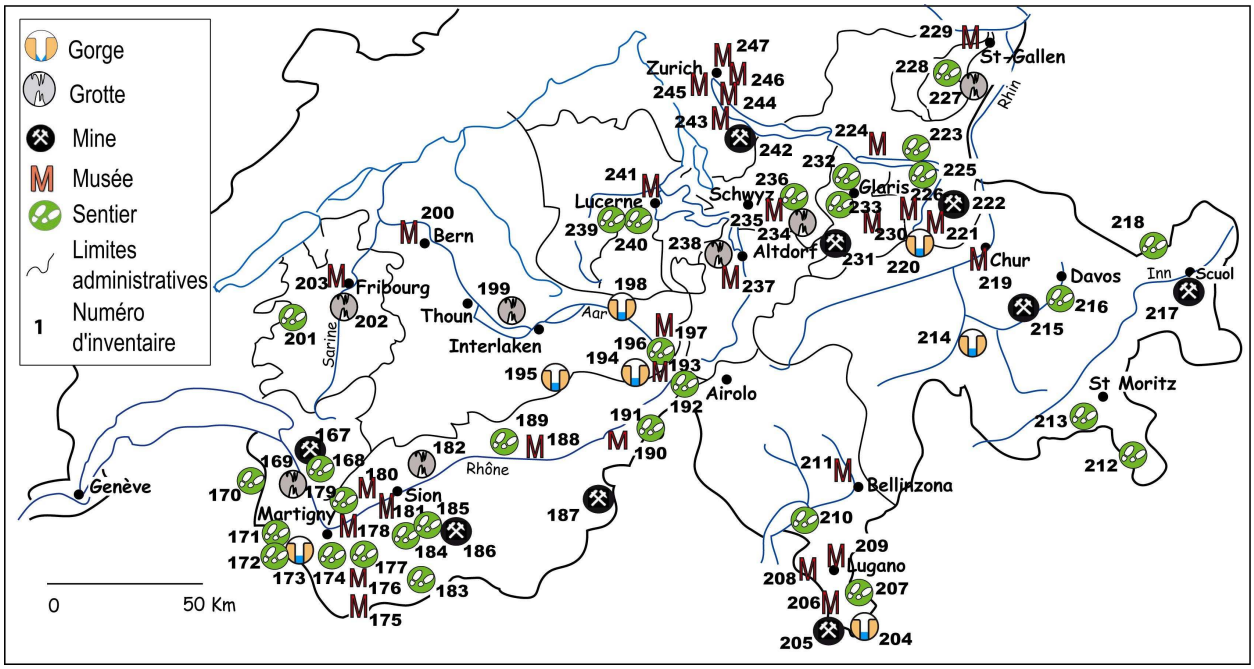


Figure 2.18 : Répartition typologique de l'offre géotouristique dans les Alpes suisses (2009)



Carte 2.4 : Répartition géographique de l'offre géotouristique dans les Alpes suisses (2009)

La Suisse propose une offre géotouristique importante caractérisée par une relative hétérogénéité spatiale. Certains cantons se montrent particulièrement actifs comme le Valais, dans lequel 24 géosites touristiques ont été recensés. D'autres semblent moins concernés car déjà suffisamment investis dans d'autres formes de tourisme comme celui des Grisons, le plus vaste canton qui ne possède que 8 géosites touristiques.

Les jardins de pierre sont une des particularités, que l'on retrouve aussi dans d'autres pays germanophones. Autrefois, au cours de chaque chantier de construction, l'ensemble des blocs erratiques retrouvés dans le creusement des fondations étaient exposés en bordure du chantier, en fait en attendant leur évacuation. Cela a donné naissance à des expositions qui par exemple présentent les différents types de roches de la région comme au Steinpark de Schwägalp dans le canton de St-Gallen.

6.4 Dans les Alpes allemandes, une offre limitée mais qui attire un public nombreux

Au sud du Land de Bavière, les Alpes bavaroises s'étendent sur près de 250 km depuis les berges du lac de Constance jusqu'à l'enclave de Berchtesgaden au sud de Salzbourg. Elles sont composées principalement de 3 massifs, qui se succèdent le long de la frontière autrichienne : à l'ouest, les Alpes d'Allgaü, au centre le massif du Wetterstein qui abrite le plus haut sommet d'Allemagne, le Zugspitze (2963 m) et plus à l'Est, le massif du Watzmann.
Trois unités géologiques sont représentées :

La zone orientale des nappes helvétiques,

Le bassin molassique du nord de la chaîne : qui repose sur le socle cristallin du massif de Bohème et est constitué de dépôts datés de l'Eocène au Miocène, accumulation de produits de démantèlement de la chaîne alpine en cours de surrection. Ces dépôts abritent d'importantes ressources de lignite exploitées par exemple dans la région de Peissenberg (géosite n° 255)

Une nappe austro-alpine qui constitue ici, les alpes calcaires du Nord auxquelles appartiennent les principaux sommets précités.

Vingt sites géotouristiques ont été recensés, ils se répartissent ainsi (Figure 2.19, carte 2.5) :

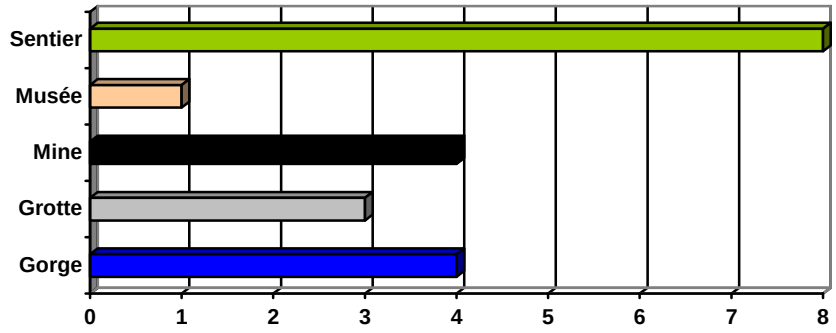
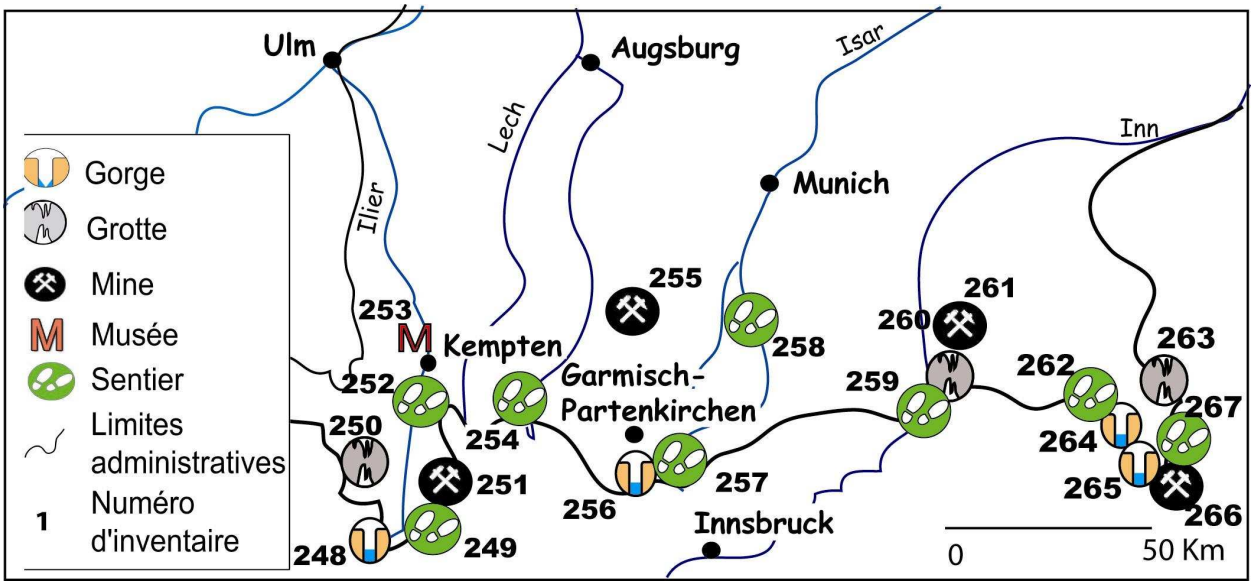


Figure 2.19 : Répartition typologique de l'offre géotouristique dans les Alpes bavaroises (2009)



Carte 2.5 : Répartition géographique de l'offre géotouristique dans les Alpes bavaroises (2009)

Bien sûr, la part de l'Allemagne dans la superficie des Alpes est réduite puisque les Alpes allemandes ne représentent que 5,78 % soit 11 054 km^2 d'où le nombre limité de sites géotouristiques recensés. On peut toutefois noter que la mine de sel de Berchtesgaden (géosite n° 266) est le site dont la fréquentation est la plus élevée des Alpes avec près de 350 000 visiteurs par an depuis sa réouverture au public, en 2005. Non loin derrière, on trouve le second site en fréquentation avec les gorges de Breitachklamm (géosite n° 248) qui elles accueillent près de 300 000 visiteurs.

6.5 Dans les Alpes autrichiennes, une offre abondante qui met particulièrement en valeur le patrimoine minier.

Les Alpes autrichiennes, appartiennent aux Alpes orientales et s'étendent sur 8 des 9 régions du pays. L'essentiel des affleurements est représenté par les nappes austro-alpines d'origine apulo-africaine (Figure 2.20). Les unités d'origine européenne ou océanique y affleurent d'une part en une bande étroite au front nord de la chaîne mais principalement en fenêtres tectoniques creusées par l'érosion (Lemoine, 2000). Les nappes helvétiques y abritent d'importants gisements de charbon d'âge jurassique dans le formation de Gresten. Cette ressource énergétique a permis l'exploitation en masse des gisements de fer qui sont encore une ressource minière importante. Les massifs de l'Ötztal et des Hohe Tauern forment l'épine dorsale du pays, abritant les plus hauts sommets dont le point culminant : le Grossglokner (3798 m). Au nord de cette zone, on trouve une succession de massifs préalpins, tel l'Allgaü qui

se prolonge dans les Alpes bavaroises, le massif de Karwendel, au nord d'Innsbrück ou le Tennengebirge au sud de Salzbourg. Tous ces massifs appartiennent aux Alpes calcaires du Nord, éléments des unités austro-alpines. Celles-ci, s'étendant sur 450 km de longueur et 40 km de large, présentent une stratigraphie qui va du Permien au Crétacé. Le Permien supérieur riche en sel a provoqué le clivage de la série. En absence de sel, la série secondaire est restée en place sur son socle primaire ou précambrien, formant les massifs de l'Ortler, du Gailtal et des Karawanke, au sud du pays. Enfin, au sud-est du pays, au-delà de la faille périadriatique qui sépare les Alpe orientales et centrales des Alpes méridionales, s'étendent les Alpes carniques (Matura, 1980).

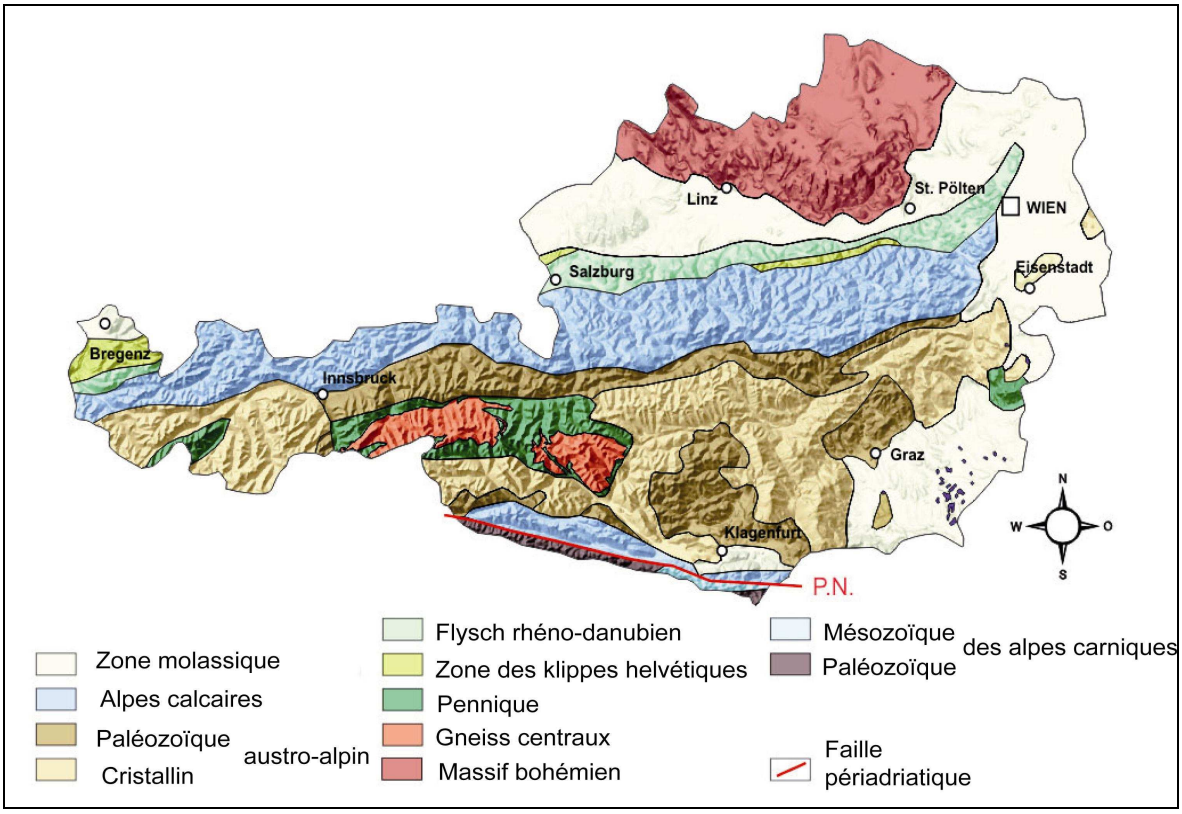


Figure 2.20 : Carte géologique simplifiée de l'Autriche

104 sites géotouristiques ont été recensés, ils se répartissent ainsi (Figures 2.21, carte 2.6) :

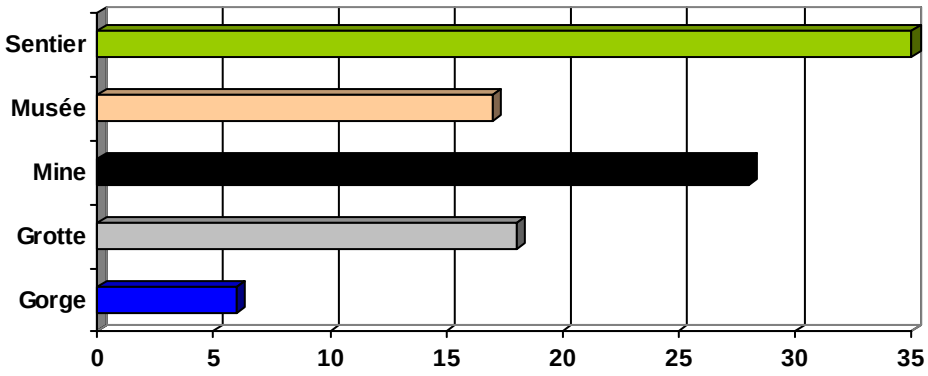
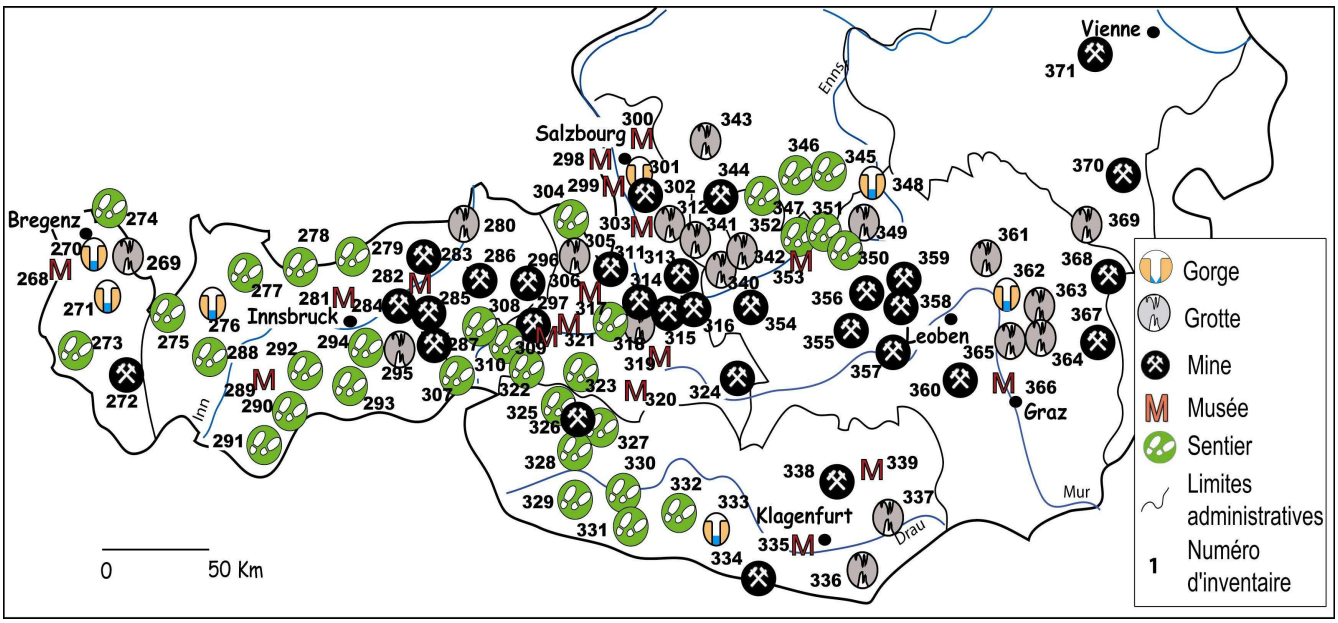


Figure 2.21 : Répartition typologique de l'offre géotouristique dans les Alpes autrichiennes (2009)



Carte 2.6 : Répartition géographique de l'offre géotouristique dans les Alpes autrichiennes (2009)

L'offre géotouristique est particulièrement importante en Autriche. Il existe plusieurs pôles majeurs le parc national des Hohe Tauern, le géopark Eisenwurzen ainsi que le futur géopark des Alpes carniques mais aussi le massif du Dachstein. Le service géologique national s'est montré particulièrement actif avec le Muséum d'Histoire Naturelle de Vienne afin de soutenir les initiatives locales en faveur du développement du géotourisme. Il faut aussi souligner ici l'importance de certaines associations comme l'OeAV (Osterreichischer Alpenverein), le club alpin autrichien pour le développement des sentiers à thème géologique par exemple.

Avec 104 réalisations listées dans l'inventaire, l'Autriche se classe en tête des six pays alpins pour ce qui concerne l'offre globale mais aussi pour 3 des 5 géosites touristiques retenus dans notre à savoir : les grottes, les mines et les sentiers. Cela illustre bien ce résultat obtenu pour les pays germanophones de notre échantillon à savoir un goût marqué pour les espaces naturels et le contact direct avec les éléments naturels.

L'offre géotouristique liée au patrimoine minier est certainement la plus remarquable puisqu'il existe près de 37 mines et musées sur ce thème dans le pays. Il faut dire que l'Autriche a été un important centre d'exploitation minière au cœur des Alpes. Ainsi, la mine d'argent de Schwaz, à l'apogée de son activité, au XVIe siècle, produisait 85 % de l'argent mondial. La ville était alors la seconde d'Autriche, 9000 personnes y travaillaient dans le secteur minier et une monnaie, le taler y était fondue (Palme, 1993).

La région d'Eisenwurzen a, elle aussi, connu, un important développement lié à une ressource géologique : le fer. 200 millions de tonnes de fer en ont été extrait : un million au XVe siècle, 15 millions entre 1600 et 1880, et 167 millions depuis cette date. Toute la région était mobilisée par l'exploitation de cette ressource et même si le lent déclin de cette activité a commencé déjà au XVIIe siècle, l'effet s'est aggravé au cours du siècle dernier et la région est étudiée par la commission européenne, dans le cadre d'un programme de recherche appelé IP-SENSOR: Sustainability Impact Assessment: Tools for Environmental, Social and Economic Effects of Multifunctional Land Use in European Regions, afin de mieux comprendre l'impact de la déprise industrielle.

6.6 Dans les Alpes slovènes, un développement récent

Les Alpes occupent le nord-ouest du pays, principalement représentées par le massif des Alpes juliennes, abritant le Triglav, qui culmine à 2864 m. Cette nappe appartient au domaine

sud-alpin et correspond à la marge passive du continent apulo-africain. L'épaisse série sédimentaire s'étend du jurassique au crétacé, et a accompagné la subsidence du bassin slovène formé par l'ouverture de la Téthys (Smuc, 2005).

17 sites géotouristiques ont été recensés, ils se répartissent ainsi (Figure 2.22, carte 2.7):

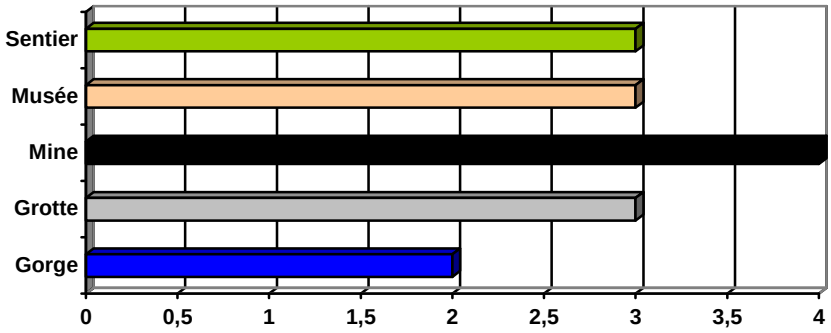
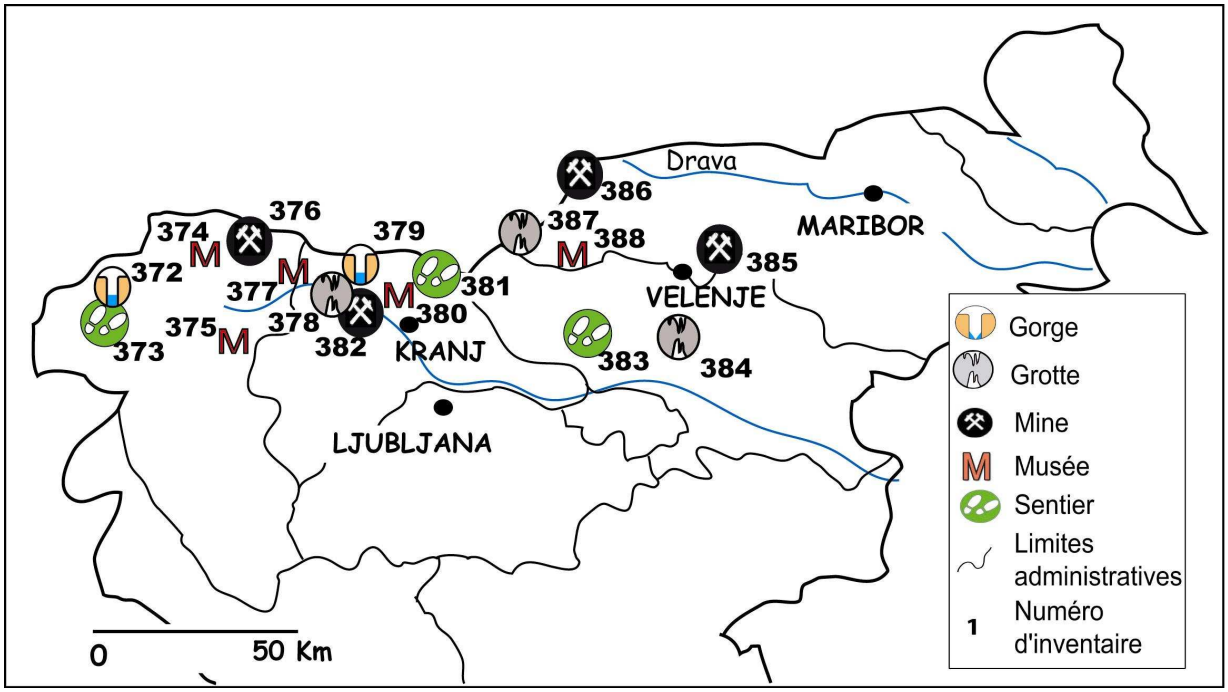


Figure 2.22 : Répartition typologique de l'offre géotouristique dans les Alpes slovènes (2009)



Carte 2.7 : Répartition géographique de l'offre géotouristique dans les Alpes slovènes (2009)

Soutenu par les autorités, un projet de géoparc est en train de voir le jour autour de la mine de plomb de Mezica.

6.7 Place relative des différents pays de l'arc alpin pour leur offre géotouristique

Sans surprise, l'Autriche qui occupe la superficie la plus importante au sein du massif est le pays qui possède le plus grand nombre de géosites toutistiques suivi de près par l'Italie qui occupe la seconde plus grande superficie (Tableau 2.2).

	Gorges	Grottes	Mines	Musées	Sentiers	Total
France	2	12	6	30	29	79
Italie	2	9	11	36	29	87
Suisse	8	7	9	28	29	81
Allemagne	4	3	4	1	8	20
Autriche	6	18	28	17	34	104
Slovénie	2	3	4	5	3	17

Tableau 2.3 : Tableau comparatif de l'offre géotourisme par pays en 2009

Toutefois, si maintenant le nombre de géosites est rapporté au « km^2 alpins », un pays, la Suisse se démarque des autres pays puisque ne représentant que 13 % du territoire des Alpes, elle possède 3,81 géosites pour 1000 km^2 soit presque le double des autres pays.

	Superficie du pays en territoire alpin (km^2)	**Part de la superficie du pays dans les Alpes (%)**	**Offre géotouristique globale (Nbre de sites)**	**Part de l'offre du pays dans les Alpes (%)**	**Nbre de Géosites pour 1000 km^2**
Allemagne	11 054	5,79	20	5,15	1,8
Autriche	53 800	28,18	104	26,8	1,93
France	40 492	21,21	79	20,36	1,95
Italie	52 119	27,30	87	22,42	1,67
Slovénie	6 701	3,51	17	4,38	2,54
Suisse	24 685	12,93	81	20,87	3,81

Tableau 2.4 : Comparaison de l'offre géotouristique par pays

Une première explication peut être recherchée en rapprochant ce résultat de celui des dépenses culturelles effectuées par chacun de ces pays :

	ALLEMAGNE	**AUTRICHE**	**FRANCE**	**ITALIE**	**SLOVENIE**	**SUISSE**
Nbre d'ha (millions)	82,2	8,1	59,2	57,85	2	7,6
Superficie (km^2)	357 000	84 000	552 000	301 262	20 255	41 285
PNB - 2005 (dollars/ha)	34 577	36 912	35 854	29 999	17 352	54 925
Dépense culturelle/ha en euros	**98 (2003)**	**250 (2005)**	**197 (2002)**	**118 (2000)**	**135 (2007)**	**194 (2002)**
Répartition des sources de financement	Kulturfinanzbericht 2006	Kulturstatistik, 2006	Ministère de la culture, 2002	ISTAT, 2004	Ministère de la culture, 2007	Office fédéral de la statistique, 2005
ETAT	12,5 %	32,6 %	51 %	44,5 %	61 %	12 %
REGION, CANTON, LAND, PROVINCE	87,5	35,6 %	12 %	5,5 %	-	43 %
COMMUNE		32 %	36 %	50,3 %	39 %	44 %

Tableau 2.5 : Tableau comparatif des dépenses culturelles par habitants (source : abrégé des politiques et tendances culturelles en Europe (Conseil de l'Europe - 2008)

Ce tableau montre pourtant que les investissement de l'état en matière de culture sont particulièrement importants en Autriche avec 250 € par habitant, la France et la Suisse viennent

ensuite avec presque 200 € les autres pays étant plus proches de 100 € par habitant. Ces données concernent bien sûr l'ensemble des dépenses liées au secteur culturels et ne sont utilisées ici que pour se donner des points de repère susceptibles d'expliquer les résultats obtenus.

6.8 Conclusion :

La synthèse du travail effectué à l'échelle de chacun des pays nous a permis de réaliser la carte suivante qui montre la répartition spatiale des 388 géosites touristiques recensés à travers les Alpes (Figure 2.23).

A l'échelle de l'ensemble de la chaîne alpine, l'offre géotouristique apparaît bien développée, puisqu'en moyenne il en existe une tous les 486 km^2.

Des disparités locales apparaissent toutefois, certaines zones présentant une offre très concentrée, comme le Valais, en Suisse, la région de Salzbourg en Autriche, celle des grands lacs en Italie par exemple. Dans chacune de ces zones des géosites majeurs, attirant plus de 100 000 visiteurs par an drainent un flux touristique qui assure la pérennité de sites voisins de plus petite ampleur. Ces sites secondaires permettent une diversification de l'offre touristique locale répondant aux besoins d'une clientèle touristique qui reviendrait plusieurs fois dans la même région.

Le but du chapitre suivant va être de déterminer si ces inégalités de répartition sont liées à la présence d'acteurs locaux, mobilisés par le thème de la géologie (muséum, universités, anciens ouvriers d'un site d'extraction…) ou bien si cette disparité s'explique par une offre développée principalement dans des zones où le tourisme lui-même bien développée cherche des formes de diversification. Pour cela les conditions de création des différents types de produits géotouristiques vont être présentées en détail.

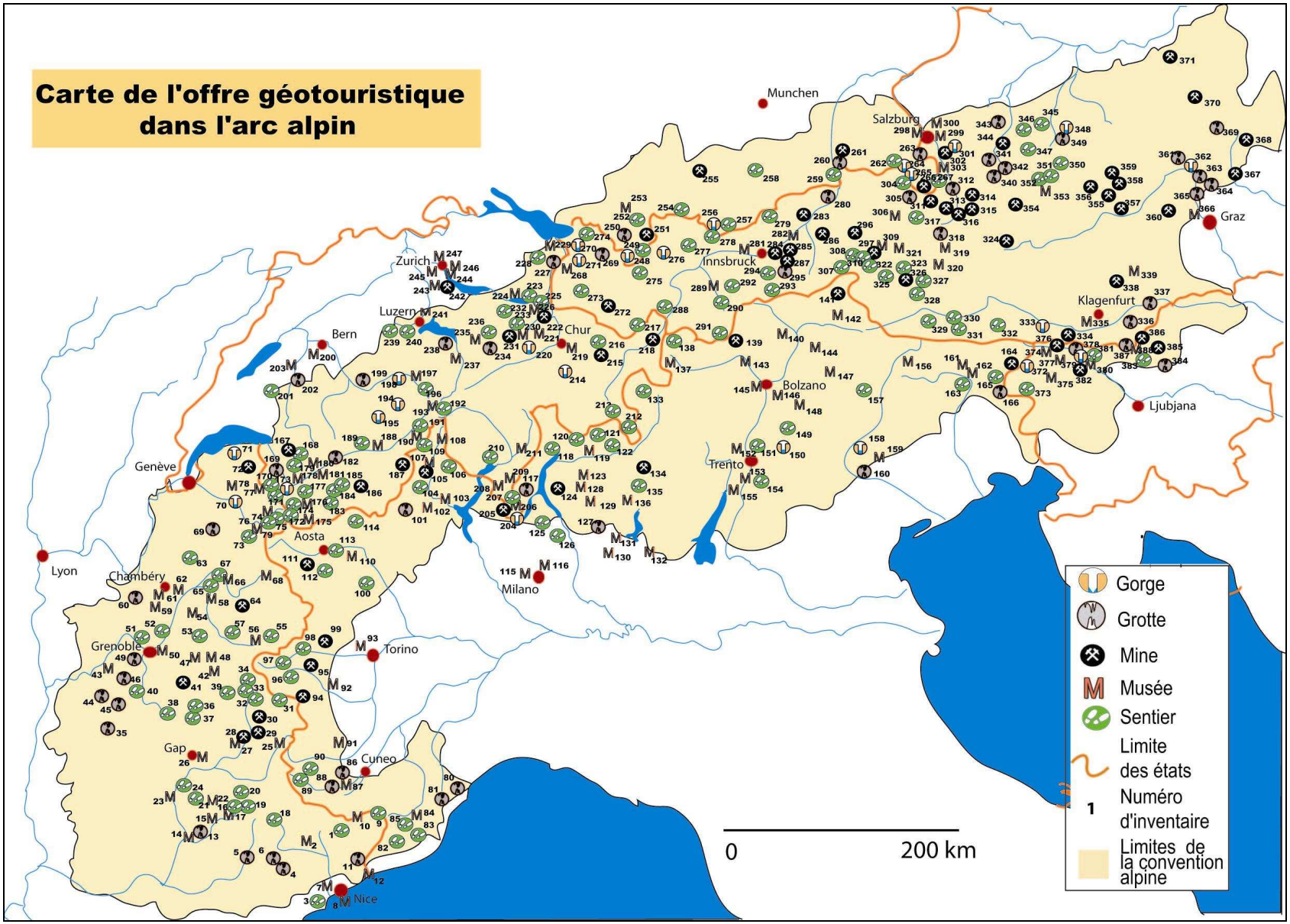


Figure 2.23 : Carte de l'offre géotouristique dans l'arc alpin

Chapitre 7 : Analyse comparée de l'offre géotouristique dans l'arc alpin

Afin de mieux comprendre les choix de mises en valeur ainsi que l'évolution de ces choix au cours du temps, les objets géotouristiques sont analysés selon les types retenus. Dans cette perspective, les données issues de la géologie sont croisées avec celles provenant du tourisme et de l'aménagement du territoire. Cette comparaison permet la mise en perspective des choix sociétaux réalisés par les différents pays de l'arc alpin et dans ce cadre nous tenterons de confirmer les différences culturelles qui sont déjà apparues précédemment.

7.1 Analyse comparée de l'offre géotouristique par type de site géotouristique

Les 388 géosites touristiques recensés lors de l'inventaire se répartissent ainsi :

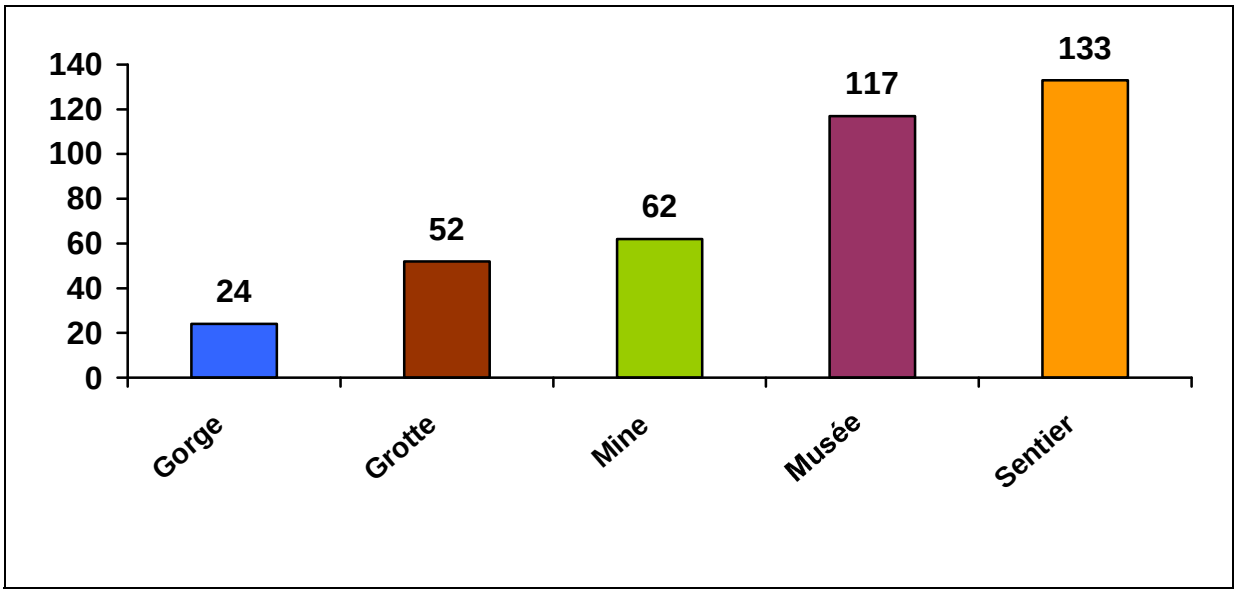


Figure 2.24 : Répartition de l'offre géotouristique par types de sites géotouristiques

L'approche quantitative globale montre que le tourisme géologique s'appuie principalement sur les outils de médiation scientifique que sont les sentiers d'interprétation et les musées, correspondant aux deux pôles précédemment identifiés de ce géotourisme que sont l'écotourisme et le tourisme culturel.

Les objets géologiques en eux-mêmes (gorges, grottes, ou mines et carrières) qui permettent une approche directe, «au contact» de la géologie sont moins représentés, ce qui peut s'expliquer par leur relative rareté en ce qui concerne les sites aménagés pour recevoir le grand public. Ainsi, il existe un très grand nombre de grottes dans le massif alpin mais le tourisme souterrain y est peu développé en raison de la relative difficulté d'accès à ces sites mais aussi du froid qui y règne et du concrétionnement limité que l'on peut y observer. La Slovénie qui possède, sur l'ensemble de son territoire plus de 8000 grottes, n'offre que 21 cavités touristiques. Parmi celles-ci, seules trois sont ouvertes dans les Alpes : la grotte de Babji zob en Haute-Carniole qui ne présente pas d'aménagement particulier et reste confinée à un public très limité, celle de Pekel, dans la région de Savingska, qui accueille 13 500 visiteurs par an et celle de Potočka zijalka en Basse-Styrie qui relève davantage d'un porche aménagé en raison des découvertes qui ont été faites sur ce site du Paléolithique moyen. Mais il faut dire que le tourisme souterrain est principalement développé dans le pays autour des grottes de Postojna et Stockjan quelques dizaines de kilomètres plus au sud qui accueillent respectivement 450 000 et 95 000 visiteurs par an. On peut en dire autant du tourisme lié au patrimoine minier puisqu'en France, seules six mines sont aménagées au cœur des Alpes, totalisant dans leur ensemble

moins de 50 000 visiteurs alors que sur l'ensemble du territoire français de nombreuses anciennes mines ou carrières sont aménagées pour la visite. Ainsi, le centre historique minier de Lewarde, dans le Nord Pas-de Calais attire plus de 120 000 visiteurs par an à lui seul.

7.2 Les sentiers d'interprétation sur le thème des glaciers : des outils de valorisation différenciée des glaciers et de leur territoire.

Les sentiers d'interprétation sont des outils dont le développement récent à permis la mise en valeur *in situ* de nombreux sites géologiques, géomorphologiques, de paysages… Le choix a été fait d'orienter l'analyse de cette offre géotouristique sur l'offre de sentiers abordant le thème des glaciers en raison de leur nombre, une trentaine, du thème particulièrement emblématique pour le massif alpin et de la diversité des circonstances qui ont conduit à leur aménagement.
Les glaciers sont des objets géomorphologiques à haute valeur patrimoniale en raison de leur intérêt majeur dans différents domaines (Reynard, 2004) :

- Intérêt scientifique qui a donné naissance à une discipline particulière : la glaciologie et plus largement, dans le cadre de la géomorphologie, l'étude de l'héritage glaciaire qui les entoure ainsi que des séquences paraglaciaires (Mercier, 2007) au sein desquelles les glaciers s'insèrent.
- Intérêt esthétique : les paysages glaciaires, évoquant, dans nos sociétés une nature primitive et préservée, jusqu'à symboliser une certaine pureté, exploitée, parfois avec excès, dans les messages publicitaires.
- Intérêt économique, car pourvoyeurs de ressources : la glace, l'eau, l'énergie mais aussi l'ensemble des pratiques touristiques qui y sont liées.
- Intérêt culturel, hommes et glaciers ayant au cœur des Alpes une histoire commune déjà bien ancienne, ponctuée d'événements recensés par la géocyndinique.
- Intérêt pédagogique, les glaciers et leur environnement permettant des observations de terrain particulièrement démonstratives dans la perspective d'une pratique d'éducation non-formelle.

Le réchauffement global actuel n'a fait qu'amplifier, cette importance sociétale déjà reconnue par des labellisations prestigieuses : le glacier d'Aletsch est devenu patrimoine mondial de l'UNESCO en 2001, le parc naturel régional Adamello-Brenta étant lui devenu European & UNESCO Global Geopark en 2008.

A partir des années 70, le maillage des territoires par des espaces naturels protégés a fait émerger la nécessité d'y développer des formes d'éducation à l'environnement, qui se sont concrétisées par la création d'écomusées ou de centres d'interprétation. Parallèlement, ce courant de l'interprétation, développé au cœur des parcs américains (Tilden, 1957) dans le cadre des sorties accompagnées, a gagné les pratiques de découverte de terrain et conduit à l'apparition des sentiers de découverte, qui depuis, ne cessent de se développer (Smiraglia, 2005). En effet, la randonnée est une des activités phare des touristes ayant choisi une destination où la nature occupe une place prépondérante puisque 46 % des français disent la pratiquer (source INSEE, 2000). C'est pourquoi, allier activités de pleine nature et découverte de l'environnement sont des objectifs clés de l'écotourisme Les Alpes n'ont pas échappé à l'émergence de ces aménagements et les sentiers d'interprétation consacrés au thème des glaciers ont pris leur place au sein de cette offre (Cayla, 2009).

7.2.1 Panorama de la diversité de l'offre en matière de sentiers d'interprétation glaciologique :

Le développement d'une offre… jusqu'à saturation ?

Les sentiers balisés, dans le but de transmettre des informations scientifiques concernant le milieu parcouru par le visiteur, sont qualifiés tantôt de sentiers à thème, de découverte, voire

didactique, ou de parcours d'interprétation. Nous choisirons ici, d'exclure le qualificatif de didactique que Jean-Pierre Astolfi attribue plus précisément à tout ce qui doit se trouver en amont de la réalisation de cet outil de transmission du savoir qu'est le sentier à thème.
Le premier sentier d'interprétation alpin sur le thème de la géologie a vu le jour dans les Alpes au milieu des années 70, au cœur des Dolomites, à l'initiative du musée communal de Predazzo et du géologue Elio Sommavila, professeur à l'Université de Ferrare, en partenariat avec l'office de développement touristique du Val di Fiemme ainsi que la société de remontées mécaniques locale. Le sentier géologique des Dos Capèl permet la découverte de l'histoire du massif du Latemar depuis 270 millions d'années, époque du dépôt des importantes séries volcaniques qui en constituent la base (Dellantinio, 2007).
Peu de temps après, en 1978, le Club Alpin Autrichien, l'OeAV (Osterreichischer Alpenverein), qui militait alors activement pour la création du Parc National des Hohe Tauern créa le premier sentier glaciologique des Alpes. Le «sentier glaciaire d'Innergschlöß», qui conduit depuis le village de Matrei dans le land de Salzburg jusqu'à la langue terminale du glacier du Schlatenkees, dans le massif du Grossvenediger, actuellement l'un des glaciers alpin qui connaît le plus fort recul.

Après une période de progression lente, cette offre touristique a connu une croissance importante dans les années 2000 et atteint actuellement une certaine forme de saturation avec 30 sentiers recensés en 2008 (Figure 2.25). En effet, ces parcours d'interprétation ne représentent qu'à peine 20 % de l'ensemble des sentiers abordant les thèmes de la géologie (environ 130 dans les Alpes) qui eux même sont minoritaires par rapport à l'ensemble des sentiers à thème au sein de ce même espace alpin. La multiplication des panneaux, même si ce ne sont parfois que de simples bornes, apparaît parfois dommageable aux paysages que l'on cherche à faire apprécier.

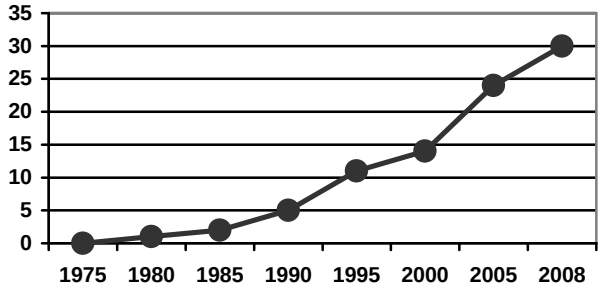


Figure 2.25 : Evolution quantitative de l'offre de sentiers sur le thème des glaciers dans les Alpes

Les réalisations permettant de découvrir la géomorphologie héritée de la dernière période glaciaire, comme le sentier des Chavands dans la vallée de Chamonix ou bien le sentier Antonio Stoppani dans le Trentin ont volontairement été exclues de cette étude qui se limite aux parcours de découverte atteignant des glaciers.
Nous avons choisi, par contre, d'y intégrer des itinéraires s'intéressant aux glaciers rocheux bien que ces géomorphosites n'aient de glacier que le nom. En réaction à cette artificialisation de ces territoires remarquables (Figure 2.26), on observe, depuis quelques temps, l'émergence de nouvelles formes de sentiers à thèmes qui peuvent encore être liés à l'espace physique ou bien n'être que virtuels.
Ainsi, l'Ecole polytechnique fédérale de Zürich, s'appuyant sur le sentier glaciologique de Morteratsch, a créé une

Figure 2.26 : Sentier de Lüsens

interface web (http://www.klimaweg.ethz.ch/ consultation janvier 2009) entièrement dédiée à la compréhension de l'impact du réchauffement global. Une autre réalisation, du même type, est en train de voir le jour concernant le glacier Marlet dans la vallée de Solda au cœur du parc national de Stelvio, en Italie. Elle concernera, outre des aspects culturels locaux, des données récentes concernant la dendrochronologie (Caravaglia, 2008). On voit aussi apparaître des sentiers développés à partir de guides GPS numérique multimédia tel celui en réflexion dans le parc naturel régional Veglia Devero, en Italie. Ces réalisations ne se matérialisent par aucune empreinte sur le territoire puisque l'itinéraire tout comme les informations didactiques sont embarqués dans l'interface GPS-multimédia.

Des parties prenantes à l'origine d'une répartition inégale de l'offre.

Il existe plus de 5000 glaciers alpins mais 90 % d'entre eux ne dépassent pas 1 km^2. Les 30 sentiers inventoriés ici, mettent en valeur, pour la plupart, certains des glaciers les plus renommés des Alpes mais aussi d'autres moins spectaculaires. (Figure 2.27).

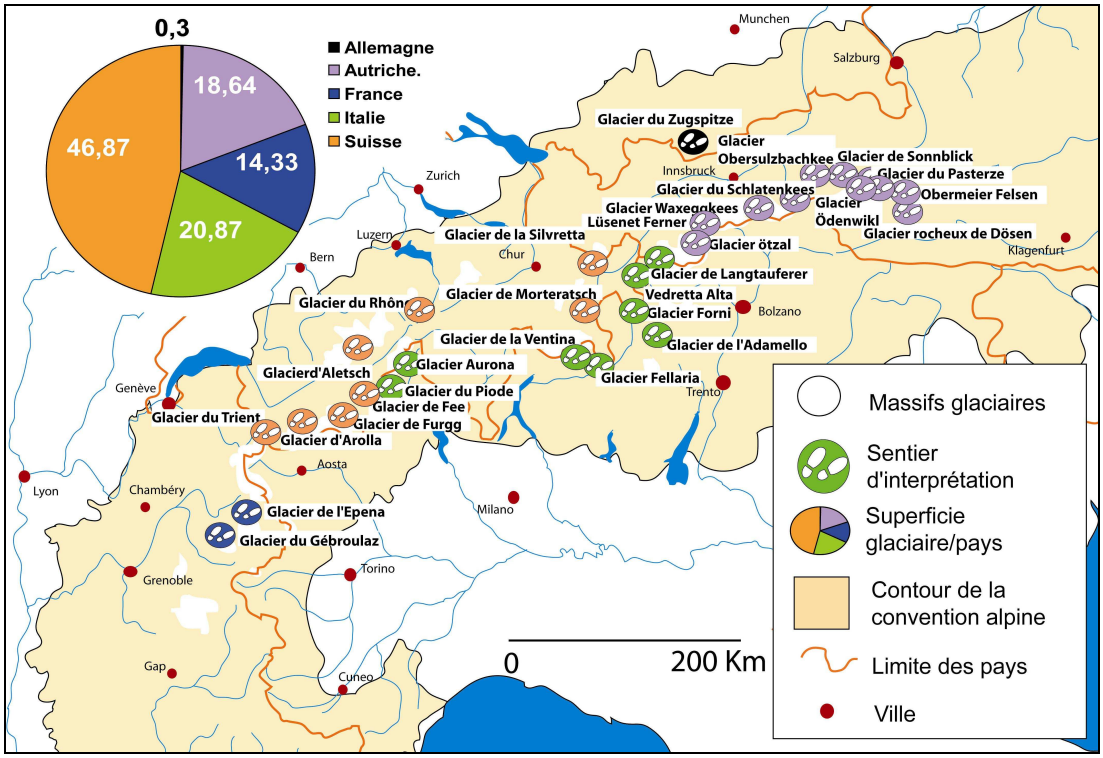


Figure 2.27 : Répartition des glaciers objets d'une valorisation par un sentier d'interprétation

L'Autriche et l'Italie, qui ont des surfaces glaciaires comparables, présentent un nombre de sentiers glaciologiques important avec respectivement 11 et 8 réalisations, reflet de leur place dans l'offre de sentiers à thème géologique dans les Alpes puisque l'Autriche possède plus de 35 sentiers de ce type alors que l'Italie n'en a que 29. Dans ces deux pays, des organismes ont joué un rôle particulièrement important dans le portage de ces projets : le Club Alpin Autrichien, créé en 1862, fort de 360 000 membres pour une population de 8 millions d'habitants (Le Club Alpin Français n'affiche que 82 000 adhérents) ainsi que le Comité Glaciologique Italien, créé en 1895, à l'initiative du Club Alpin Italien, et ayant acquis depuis son autonomie avec pour principale mission le suivi scientifique des glaciers du pays. Ces deux organisations non gouvernementales ont été des groupes de pression actifs dans le développement des outils de transfert des connaissances vers un public qui dans chacun de ces pays est attaché depuis toujours à ce patrimoine alpin. Rappelons que le parc national du Grand Paradis a vu le jour en 1922 en Italie suivi en 1935 de celui du Stelvio. Quant à l'Autriche, elle abrite, avec le parc des Hohe Tauern, le plus grand parc national des Alpes. Cette analogie est

d'autant plus étonnante que si les Alpes représentent près de 40 % du territoire autrichien, elles ne dépassent pas 7,8 % de celui de l'Italie.

La Suisse, qui possède la surface glaciaire la plus importante de la chaîne, n'a développé jusqu'à présent que 8 sentiers glacio-didactiques alors que par ailleurs son offre de sentiers géotouristiques est assez importante avec une trentaine de réalisation. Dans ce pays, même si l'on observe des différences importantes suivant les cantons, chaque sentier est le fruit d'une initiative individuelle, portée par une commune, un centre de recherche voire une section locale du Club Alpin Suisse, sans qu'une mobilisation à une plus grande échelle ait pu conduire à constituer un réseau d'acteurs efficace sur ce thème.

La France, avec ses deux seules réalisations, fait ici figure de dernier de la classe, car même si sa surface glaciaire est réduite, toutes les conditions naturelles sont présentes pour que d'autres glaciers puissent bénéficier de la même mise en valeur. L'offre de sentiers à thème géologique étant en France du même ordre de grandeur que dans les autres pays, on ne peut invoquer le désintérêt des laboratoires de recherche pour ce type d'aménagement même s'ils ne sont pas un enjeu dans la carrière des chercheurs, ni la sous-représentation des géomorphologues et des géologues dans les équipes techniques des espaces naturels protégés. Peut-être simplement, la demande sociale est-elle moins présente ici que dans les autres pays des Alpes en relation avec la faible empreinte alpine dans la culture française et l'inexorable disparition des réseaux naturalistes. D'où le manque de projets initiés par des communes qui ne perçoivent pas l'intérêt, certes coûteux, de créer ce type de produit.

Enfin, en Allemagne, l'Université de Bonn dans le cadre du groupe de recherche géomorphologique du SEDAG (Sediment Cascades in Alpine Geosystems) a développé un itinéraire qui met en valeur la vallée de Reintal conduisant au seul glacier du pays. Cette réalisation est le résultat d'un programme de recherche conduit dans la vallée et qui, comme souvent dans ce pays mais aussi en Autriche, Italie et Suisse a donné lieu à une valorisation finale auprès du plus large public.

7.2.2 Objectifs poursuivis lors de la création d'un sentier à thème : jeux d'acteurs au cœur des territoires.

La mise en place de sentiers didactiques naturalistes relève de trois logiques d'acteurs, non exclusives les unes des autres. Ceux de la protection des espaces naturels, ceux de la recherche scientifique et ceux du tourisme et des aménageurs. (Figure 2.28)

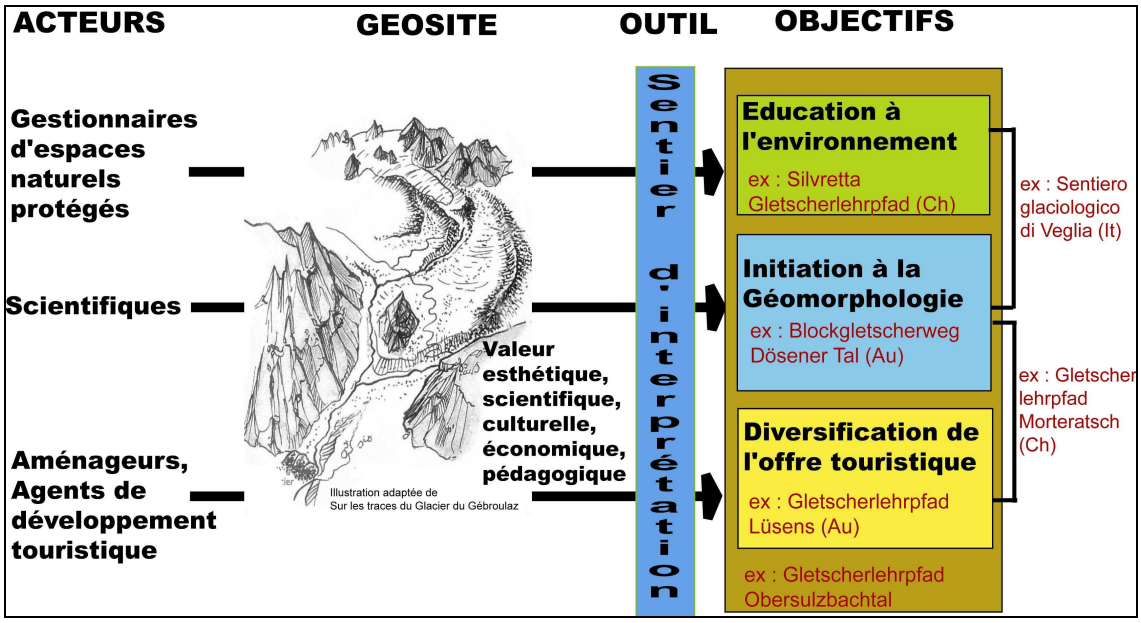


Figure 2.28 : jeux d'acteurs à l'origine des sentiers glaciologiques (extrait de Cayla, 2009 –1)

Bien que fondamentalement distincts à l'origine, les différents objectifs poursuivis peuvent se croiser suivant toutes les combinaisons possibles, une synergie optimale ayant pu être observée par exemple, dans le cas du sentier glaciaire de l'Obersulzbachtal, où de nombreux partenaires ont agi en commun : le parc national des Hohe Tauern, le club alpin autrichien, la commune de Neukirchen, ainsi que le laboratoire de géographie de l'Université de Salzbourg (Slupetsky, 1988). Dans ce cas, en effet les objectifs poursuivis par les trois catégories d'acteurs ont permis la réalisation d'un sentier particulièrement intéressant dans son contenu. Mais comment chaque acteur investi ce champ du sentier d'interprétation ?

Acteurs des espaces naturels protégés et éducation à l'environnement :

Un gestionnaire d'espace naturel protégé doit garantir la préservation des ressources naturelles dont il a la charge et dans ce cadre développe souvent différents outils d'interprétation du site et d'éducation à l'environnement. Dans le premier cas, le message peut s'appuyer sur un discours naturaliste pouvant aller vers des versions plus environnementalistes abordant alors des thèmes planétaires et dans notre cas le réchauffement global (Arsenault, 2001). La création d'un sentier d'interprétation, pouvant éventuellement faire l'objet de visites sous la conduite d'un garde-moniteur, permettra de mieux accueillir le public, de canaliser ses déplacements et ainsi de préserver le milieu. Il assurera la mission de sensibilisation à l'environnement, intrinsèque de ce type de structure et pourra susciter une prise de conscience éco-responsable du randonneur dans le but de le conduire à limiter, durablement, ses émissions de CO_2, mais aussi à mieux le former aux choix sociétaux que nos pays seront contraints de prendre dans le futur.

Le parc national des Hohe Tauern créé dans la décennie 80, d'une superficie de 1800 km^2, possède encore plus de 10 % de sa surface recouverte de glace soit près de 200 km^2 ce qui en fait l'espace protégé le plus englacé des Alpes. Mais aussi, par conséquent un espace subissant d'importantes modifications paysagères depuis le début du XXe siècle. Les glaciers ont d'ailleurs été un enjeu particulièrement important lors de la création du parc car menacés par des aménagements touristiques lourds comme c'est le cas dans d'autres régions du pays. Le Club Alpin Autrichien (OeAV), qui poursuit, entre autres missions, l'étude scientifique du massif alpin, a participé de façon active à la création de la plupart des sentiers glaciaires des espaces protégés autrichiens, soit 9 des 11 sentiers du pays. Il entretient un partenariat principal étroit avec le parc national, d'autres partenariats existant avec d'autres espaces protégés, ce qui explique les nombreuses réalisations observées, 8 sur les 9 réalisées dans les aires protégées. Dans ces cas, l'OeAV et le parc ont travaillé en synergie avec des scientifiques, spécialistes du domaine, des universités de Graz, de Salzbourg et d'Innsbruck afin de réaliser des sentiers qui combinent à la fois les résultats des recherches menées sur les glaciers avec la nécessaire transposition didactique de ces notions à destination d'un public de passionnés non spécialistes. Chaque parcours est accompagné d'un guide de randonnée d'au minimum une cinquantaine de pages. Parfois, un chercheur ou une équipe de recherche prend l'initiative de valoriser, auprès du plus grand nombre, par le biais d'un itinéraire de découverte, les résultats de son travail dans le but de mieux faire connaître la géomorphologie en tant que champ disciplinaire (Sellier, 2009).

Des scientifiques valorisant la géomorphologie auprès du plus grand nombre

Lorsqu'un laboratoire spécialisé dans la géomorphologie ou la glaciologie, se lance dans l'aventure de la médiation scientifique il pénètre alors sur le territoire du troisième homme, le vulgarisateur. Les difficultés vont alors surgir afin de bien définir le corpus disciplinaire qui sera retenu, le niveau sémantique qui sera employé ainsi que les processus didactiques qui seront utilisés : reformulation, analogie et métaphore (Jacobi, 1999)… Le but n'est pas de produire un discours scientifique destiné à des pairs ou des étudiants mais un discours adapté à un public non spécialisé occupé à une pratique avant tout de loisir. Il sera donc nécessaire

d'adopter, dans cette perspective, les outils de la médiation scientifique destinés à favoriser la compréhension d'un lieu, ou d'un objet au travers du thème qui nous occupe ici : les glaciers.
En Italie, l'action conjointe du Comité glaciologique national et de sa section lombarde assisté des scientifiques du département des sciences de la Terre « Ardito Desio » de l'Université de Milan a permis, en quelques années, grâce au soutien des autorités territoriales locales de créer en 1992 le sentier Vittorio Sella (alpiniste et explorateur) sur le glacier de la Ventina, puis en 1995 le sentier du Centenaire sur le glacier Forni et enfin, un an plus tard le sentier Luigi Marson (géographe) sur le glacier de Fellaria. Ces trois réalisations font une large place aux travaux menés depuis la fin du XIXe siècle au cours des campagnes systématiques de relevés glaciologiques. Ils sont donc principalement axés sur le glacier support du sentier illustrant les propos de nombreuses photos prises lors des différentes campagnes mais aussi des cartes géomorphologiques et font une large part aux différents types de recherches scientifiques menées sur ces glaciers : bilan de masse, dendrochronologie… Parfois, la création du sentier est réfléchie au cœur même du travail de recherche, ainsi, Michaela Nutz de l'Université de Graz en Autriche a effectué sa thèse sur la mise en place du premier sentier autrichien concernant les glaciers rocheux, le permafrost et le pergélisol (Nutz, 2003). Longtemps considérés comme des glaciers particuliers, ils sont classés désormais dans le domaine périglaciaire mais leur nom dans les trois langues alpines tout comme le peu de connaissance sur ce sujet dans le grand public, nous a fait les conserver dans notre champ d'investigation.
L'implication des autorités locales est importante car, comme dans tout projet de développement territorial, il est nécessaire que les élus, tout comme les habitants, s'approprient celui-ci. Dans ce but, la multifonctionnalité des espaces naturels doit bien être comprise et admise de tous, afin de préserver des dégradations les panneaux et autres aménagement qui seront postés sur le sentier. Parfois, ces mêmes autorités, propriétaires des lieux, peuvent prendre l'initiative de développer l'offre touristique mettant en valeur ces patrimoines.

Des collectivités publiques à la recherche d'une diversification touristique

Une commune, qui possède sur son territoire un glacier, peut souhaiter en faire la promotion, dans le but de diversifier son offre touristique, de prolonger la saison, et ainsi se démarquer des territoires proches. En général, ces projets se réalisent dans le souci d'une mise en valeur qui cherche à minimiser l'impact touristique. Mais tel n'est pas toujours le cas, comme on peut l'observer dans le cas du sentier glaciaire élaboré par la station de Zermatt en 2006. Ce sentier part du sommet du téléphérique de Trockener Steg à 2939 m et conduit en 23 arrêts à la station d'arrivée du Schwarzee paradise à 2583 m, c'est le seul sentier didactique sur les glaciers qui se parcourt en descendant ! L'office de tourisme de Zermatt, qui a réalisé les panneaux ainsi que la brochure d'accompagnement y présente le domaine skiable dont les 183 km de piste sont à 60 % recouverts de neige artificielle, le ski pouvant y être pratiqué toute l'année, puisque même l'été les équipes nationales suisses s'entraînent sur le glacier. Cette offre n'est rendue possible que grâce à des aménagements lourds : 1000 canons à neige, utilisant l'énergie hydroélectrique, fournie par le barrage de la Grande-Dixence. Ces différents points, présentés dans le fascicule qui accompagne ce sentier côtoient d'autres informations portant sur l'environnement paraglaciaire ou la faune et la flore. Le retrait actuel du glacier est présenté comme une péripétie dans une histoire plurimillénaire des glaciers alpins. Aucune relation n'est faite avec le réchauffement global lié à l'impact des pratiques humaines : « …*the fact that the Alpine glaciers are currently melting away, is nothing special, it is just part of a centuries long coming and going of snow and ice*…» Les réchauffements passés sont présentés comme des périodes fastes de l'histoire de la région, le col du Théodule permettant alors le transit de nombreux voyageurs et marchandises qui ont fait la fortune de la vallée. Les fluctuations climatiques présentées comme pluriséculaires et naturellles ne sont pas mises en perspective avec le réchauffement global actuel présenté comme une nouvelle péripétie naturelle.

D'autres communes ont aussi développé ce type d'outil de valorisation patrimoniale, souvent incitées par les espaces protégés auxquels elles appartenaient. Ainsi, la commune de Champagny-le-haut a aménagé en 2008 un sentier glaciaire le long de la haute-vallée du Doron de Champagny au sein du Parc national de la Vanoise.

Si les objectifs de ces trois séries d'acteurs sont complémentaires, les stratégies ne sont pas toujours similaires, par exemple, les sentiers promus par des centres de recherche font plus souvent l'objet d'une mise en valeur écrite, matérialisée par un support papier, qualifié par Daniel Jacobi d'exotexte, alors que communes ou espaces protégés préfèrent souvent voir matérialisé sur le terrain le fruit de leurs efforts et bien sûr de leurs investissements, qualifié par le même auteur d'endotexte.

7.2.3 Analyse comparée de quelques caractéristiques de ces sentiers

L'analyse qualitative des 30 sentiers inventoriés, a permis d'établir une typologie en trois catégories clairement identifiées, qui ne se retrouvent pas toujours dans l'analyse des documents de médiation supports de ces sentiers. Ceci illustre, parfois, la mauvaise mise en synergie des objectifs des acteurs travaillant au projet, un sentier d'interprétation n'étant pas tout à fait un sentier de randonnée et les outils de médiation qui l'accompagnent n'étant pas non plus des guides d'excursion de terrain.

- **Le choix de l'itinéraire :**

La majorité des sentiers proposés possèdent une dénivelée voisine de 500 m, même si l'offre s'étend d'une dénivelée négative pour le sentier de Zermatt à plus de 1000 m pour le sentier du Gébroulaz en Savoie. (Figure 2.29) Cette répartition, mise à part l'exception du sentier de Zermatt, est à mettre en relation avec trois types de pratiques de randonnée.

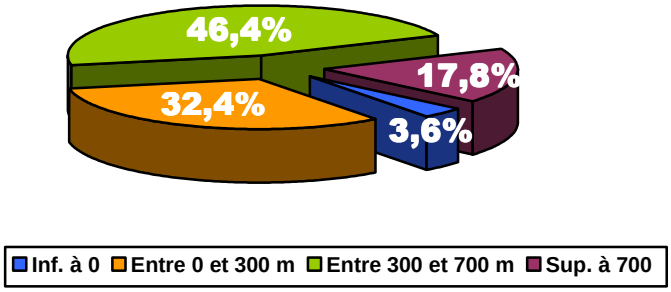


Figure 2.29 : Répartition des sentiers d'interprétation glaciaire en fonction de leur dénivelée

Les sentiers à la dénivelée inférieure à 300 m s'adressent à un public familial dans le cadre d'une balade, qui même avec des enfants ne dépassera pas une à deux heures. Entre 300 et 700 m, on passe à une offre qui va permettre à la famille de partir à la journée, en pique-nique en montagne, la durée du parcours sera alors de 3 à 5 heures, ponctuée par les différents arrêts proposés le long du sentier qui devront donc combiner des points d'observation pertinents avec la nécessité de marquer des pauses régulières. Dans le dernier cas le sentier s'adresse à un public sportif pour lequel l'aspect physique du parcours va être certainement tout aussi important que son aspect didactique. Si cette distinction, *a posteriori*, en trois catégories, des sentiers étudiés apparaît comme évidente, elle ne semble pas avoir forcément été réfléchie par les concepteurs, *a priori*, puisque l'on s'aperçoit que certains fascicules, destinés à un très jeune public sont associés à des sentiers ayant près de 800 m de dénivelée, comme c'est le cas avec le sentier de Champagny en Vanoise (Gotti, 2008).

En fonction de l'altitude de départ des sentiers, même ceux à dénivelée réduite peuvent impliquer la marche sur glacier et nécessiter donc un équipement adapté, comme dans le cas du sentier du Centenaire sur le glacier Forni, en Lombardie.

Dans tous les cas, l'aménagement de ces sentiers dans des zones soumises au réchauffement climatique impose un entretien et une surveillance liés à l'impact de ce réchauffement (Pelfini, 2007). Le sentier du Centenaire qui donne à découvrir le glacier Forni, le second plus important glacier d'Italie, a dû être fermé au cours de l'été 2005 en raison des conséquences du

changement climatique sur sa moraine de rive droite. Celle-ci, qui possède un cœur de glace, subissait d'importantes déformations liées à la fonte de ce cœur, menaçant le déclenchement d'un glissement de terrain. Etudiée depuis l'été 2003, la fermeture du sentier fut une mesure de protection dans l'attente du réaménagement de cette portion et sa réouverture quelques années après (Belo, 2006).

- **Registres et enjeux transmis par les messages pédagogiques développés sur les sentiers**

Panneaux, bornes et fascicules ou bandes dessinées sont autant d'outils de vulgarisation scientifique qui vont être développés au service des enjeux pédagogiques liés au sentier. Sans surprise, les thèmes listés par l'analyse de l'ensemble des fascicules ou panneaux sont les suivants : le fonctionnement des glaciers, l'érosion et les dépôts glaciaires, les marges proglaciaires, les glaciations quaternaires, les risques naturels liés aux glaciers, le réchauffement global, la géologie la faune et la flore, l'homme et les glaciers, la recherche scientifique portant sur les glaciers. Chaque sentier ne reprend que certains de ces thèmes ce qui permet de faire ressortir trois grands types de sentiers en fonction des thèmes retenus et de leur développement au sein des documents pédagogiques d'accompagnement.
Trois tendances peuvent être observées :
Sentier militant : l'aspect didactique a pour objectif une prise de conscience de la nécessité de protéger ces milieux, et l'environnement plus largement. Parmi les techniques pédagogiques utilisées dans ce cadre, les scénarios du futur sont des outils qui permettent de projeter les décisions d'aujourd'hui sur l'environnement de demain (Figure 2.34). Ainsi, Max Maisch qui a travaillé sur le sentier du glacier Morteratsch, propose deux scénarios d'évolution possible de la vallée lorsque le retrait glaciaire en aura libéré le fond. La poursuite du développement touristique avec l'urbanisation des espaces rendu vierges ou bien la création d'un nouveau barrage en réponse à une pénurie d'eau certainement encore plus marquée dans le futur mais aussi dans le but de soutenir la production énergétique.

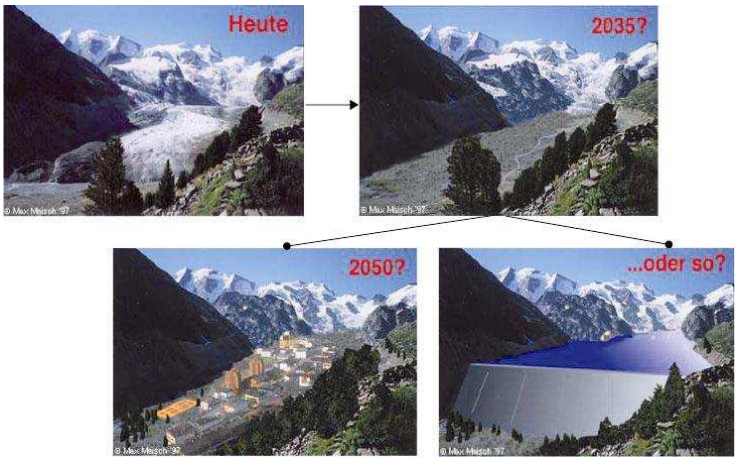


Figure 2.30 : Scénarios du futur appliqués à la vallée de Pontresina dans les Grisons (source : Max Maisch, Geografisches Institut, Universität Zürich)

Sentier touristique : le sentier étant alors avant tout créé afin de mettre en valeur une ressource naturelle perçue comme patrimoniale par les habitants, les autorités locales… Cette réalisation sert alors à démarquer un territoire afin de mettre en valeur ses spécificités. Dans ce cadre, des recherches historiques minutieuses sont conduites afin de retrouver toutes les archives concernant le glacier et sa vallée. Une iconographie propre doit être inventoriée : dessins, aquarelles ou photographies, voire reconstituée par reconstitution infographique à partir de cartes. Parfois les démarches sont plus originales comme ici dans le cas du glacier de l'Obersulzbach où l'histoire récente du glacier, de sa vallée voire de l'Autriche est rappelée à travers la traduction d'un proxi dendrochronologique (Figure 2.31).

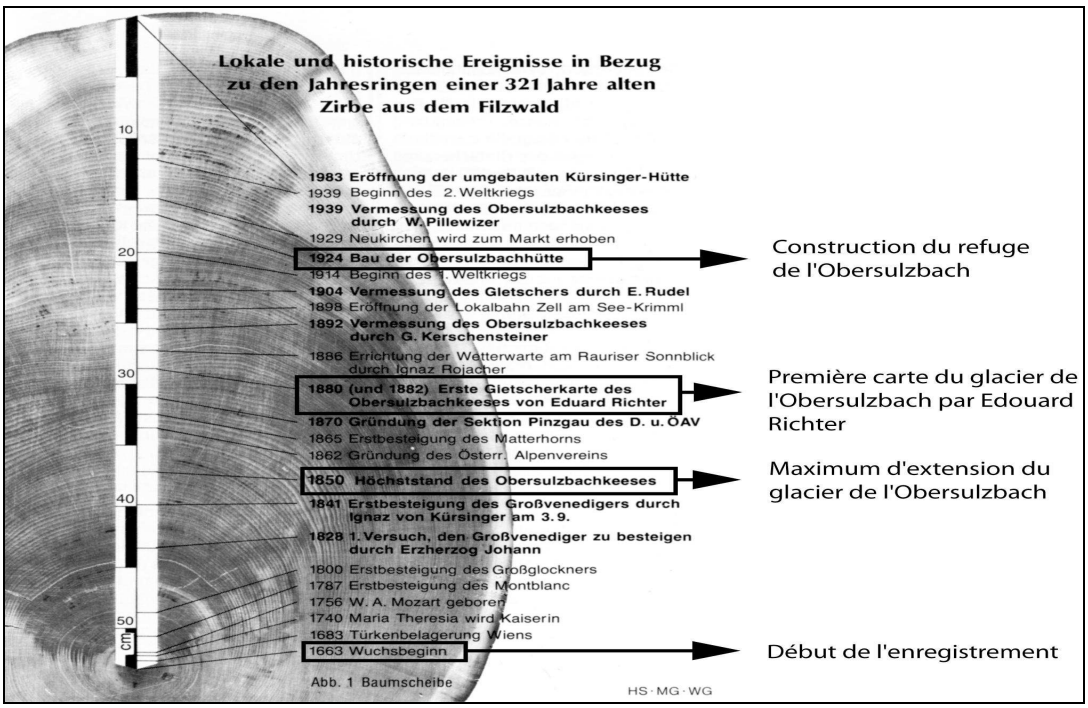


Figure 2.31 : Histoire du glacier Obersulzbachkee vu à travers une coupe dendrochronologique

Sentier éducatifs : la fonction principale du sentier étant la transmission d'informations scientifiques concernant principalement les notions de base de géomorphologie. L'objectif est alors d'éduquer le touriste afin de le rendre capable d'interpréter d'autres paysages ou phénomènes d'origine glaciaire. Parmi les techniques pédagogiques utilisées dans ce cadre, la conduite d'un raisonnement inductif à partir d'une observation de terrain prépare la mise en place d'un raisonnement déductif ayant souvent recours au principe de l'actualisme (Figure 2.32).

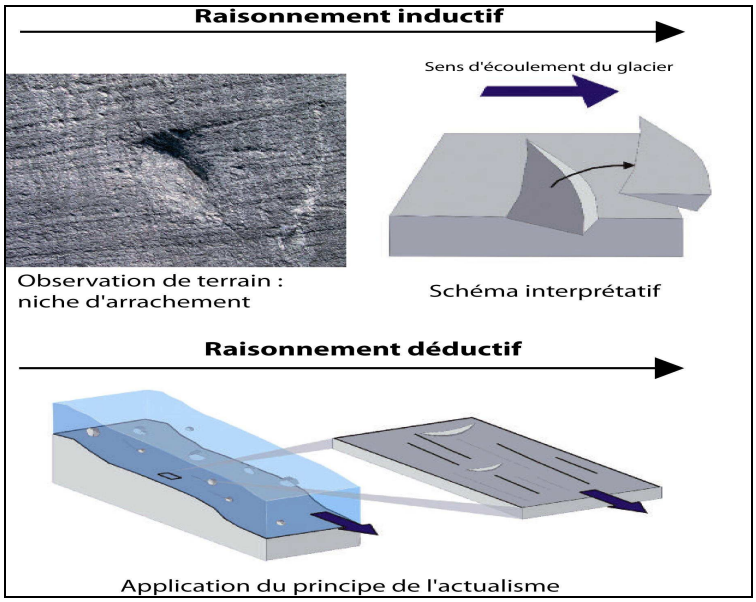


Figure 2.32 : Cheminement pédagogique d'interprétation d'une niche d'arrachement (adapté du fascicule accompagnant le sentier de Zermatt)

Chacune de ces pratiques présente des spécificités mais il est bien évident que dans la réalité celles-ci ne sont pas aussi tranchées et se conjuguent dans la plupart des fascicules et des panneaux étudiés. Il est important aussi, que des thèmes secondaires soient abordés au cours de la promenade afin que l'ensemble des participants y trouvent un intérêt. Enfin, comme dans toute médiation scientifique, le concepteur doit susciter auprès de son lecteur, une interactivité émotionnelle, notion clé de l'interprétation selon Tilden (1957), que les paysages glaciaires suscitent sans difficultés ; une interactivité manuelle avec le recours à de nombreuses observations et expérimentations de terrain qui peuvent être faites le long du parcours et enfin intellectuelle puisque le but de l'apprentissage d'un certain nombre de notions scientifiques ne doit pas être perdu de vue.

L'offre en matière de sentier d'interprétation est la plus abondante dans les Alpes avec 133 réalisations. C'est aussi celle qui présente le plus d'hétérogénéité, en raison des acteurs et des financeurs à l'intiative de ces projets ainsi que des objectifs fort variés qu'ils pouvaient poursuivre.

7.3 La nébuleuse muséographique

Le maillage du territoire alpin par les différentes formes de musées a suivi l'évolution déjà décrite précédemment lors de la présentation du champ muséal. Dès le XVIIe siècle, on voit apparaître les premiers cabinets de curiosités dont l'un des plus célèbres fut celui de l'Empereur Ferdinand II (1529-1595) dans son château d'Ambras à Innsbruck, devenu le musée Ferdinandeum. Mais c'est au XIXe siècle que progressivement les muséums d'histoire naturelle prennent naissance dans la plupart des centres urbains des Alpes souvent à l'initiative des sociétés savantes locales. Ainsi, en France, les muséums d'histoire naturelle de Chambéry, de Grenoble et de Nice ouvrent tous trois leurs portes entre 1844 et 1850 (Figure 2.33).

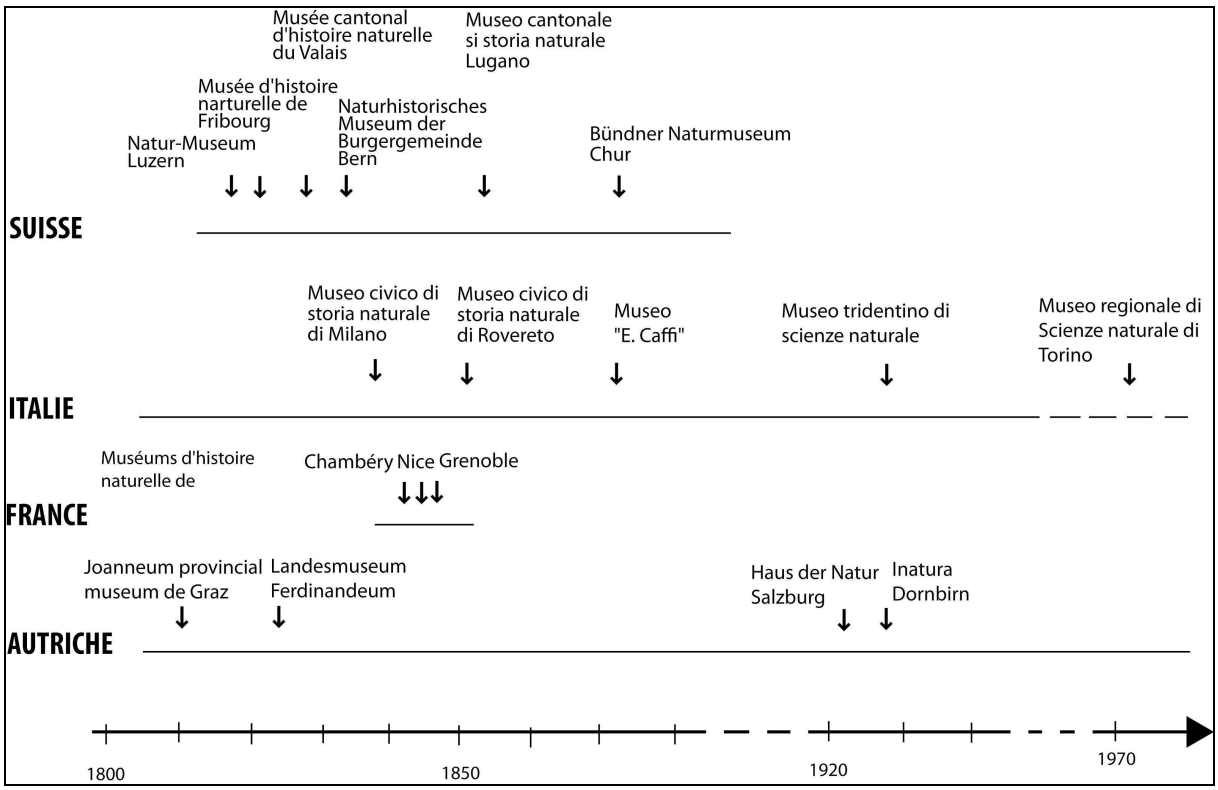


Figure 2.33 : Date de création des principaux muséums d'histoire naturelle des Alpes

Ces muséums ont souvent atteint une dimension régionale, soutenus par des fonds publics avec un double objectif de conservation et d'éducation bien sûr mais aussi de recherche scientifique. Seuls ceux qui ont su passer le cap de la simple conservation de collection pour jouer un rôle actif dans la recherche et dans le développement de projets à l'échelle de leur territoire ont pu pérenniser leur existence et prendre de nouvelles dimensions dans le panorama des acteurs institutionnels (Lewenstein et Allison-Brunnel, 1998). Ainsi, le musée cantonal d'histoire naturelle du Tessin situé à Lugano, développe des programmes de recherche paléontologique sur le Monte San Giorgio, devenu patrimoine mondial de l'UNESCO en 2003. Il coordonne, lors des campagnes de fouille, des équipes provenant des Universités de Zürich et de Milan. Rappelons aussi l'exemple du muséum d'histoire naturelle de Graz, le Joanneum provincial museum, déjà évoqué qui propose, en partenariat avec les autorités pédagogiques régionales, ainsi qu'un exploitant de carrière une activité de découverte du travail de paléontologue à

laquelle ont déjà participé plus de 12 000 scolaires. Enfin, ils ont acquis, depuis quelques années, une dimension touristique devenant un élément de l'offre proposée par les territoires. Souvent ils se comportent alors comme des têtes de réseau capables d'orienter le touriste vers des destinations secondaires, musées de sites ou bien expositions locales, auxquels ils participent afin d'en améliorer la qualité.
Ainsi, le *Museo Tridentino di scienze naturale*, à Trente, est au cœur d'un réseau de 11 autres établissements : musées, arboretum, jardin botanique, observatoire astronomique… Ce qui permet à des équipes de permanents de pouvoir intervenir afin de renouveler l'offre à l'échelle locale, d'assurer un soutien à des équipes peut-être moins formées, bref de permettre une meilleure adéquation entre outil de médiation scientifique local et tourisme.

Au nombre d'une vingtaine, les muséums d'histoire naturelle sont toutefois minoritaires dans l'offre muséographique de l'arc alpin puisque près de 120 musées y ont été recensés. Ceci illustre bien le phénomène observé à l'échelle plus globale qui a été présenté dans la partie 4.2.3.2 où la croissance du nombre des musées au cours du XXe siècle était exposée.

7.4 La rapide expansion des mines et carrières touristiques dans les Alpes

Alors que la nébuleuse muséographique était relativement encadrée par le professionnalisme qui accompagne la plupart de ces démarches de mise en valeur touristique le panel des mines et carrières touristiques des Alpes est beaucoup plus hétérogène en raison, un peu comme pour les sentiers de l'importante variété d'acteurs à l'origine de ces projets. Ainsi, pour ce qui concerne la fréquentation, celle-ci oscille entre un minimum de 400 visiteurs par an dans la mine de mercure de St-Anne gérée par la commune de Tržič en Slovénie et plus de 350 000 dans la mine de sel de Berteschgaden, ouverte par la compagnie qui en exploite encore la production : Südsaltz GmBH. Les gestionnaires peuvent être des privés comme dans la carrière de marbre d'Arzo dans le sud du Tessin, ou bien la mine d'huile minérale de Pertisau en Autriche mais la plupart du temps la gestion est assurée par des structures publiques comme à Scopriminiera, ancienne mine de Talc, que la communauté de montagne du Val Ghisone et Germanasque a, dans le cadre d'une programme Interreg transformé en un site touristique de grande qualité qui attire plus de 20 000 visiteurs par an, depuis 1998. La seule caractéristique commune à toutes ces réalisations est leur relative jeunesse car la plus ancienne galerie à accueillir du public n'a vu le jour qu'il y a à peine une trentaine d'années et, dans tous les cas la volonté de pérenniser un patrimoine intimement lié à l'histoire d'une région.

De nombreuses ressources minières et minérales ont été exploitées dans les Alpes (Tableau 2.4), depuis des temps reculés, puisque les mines de Hallstatt ont donné leur nom à la civilisation qui marque le début de l'âge du fer. Les riches heures de l'exploitation minière du Salzberg datent de 700 avant J.C. comme en témoigne la nécropole découverte dans le massif près des anciennes mines au XIXe siècle. La mise en tourisme du site s'est d'abord développée autour d'une activité thermale liée à la présence des eaux salées. Plus récemment, la renommée des lieux a été reconnue par l'inscription du site Dachstein-Hallstättersee au patrimoine mondial de l'UNESCO en 1997. Depuis, l'exploitation des ressources géologiques s'est diversifiée, témoignant de l'avancée des techniques et des besoins croissants des civilisations alpines et de l'Europe toute entière. Cet important développement est bien entendu lié aux nombreux filons de minerais notamment métallifères dus aux orogènes hercynienne et alpine. Les mines de fer, d'argent, d'or, de cuivre et de mercure ont contribué à la richesse de nombreuses vallées alpines. Mais, l'épuisement des gisements, exploitées parfois depuis des millénaires, l'opposition des populations locales, ainsi que la concurrence des pays à main d'œuvre bon marché, exploitant des gisements importants ainsi que l'avancée des techniques impossible à mettre œuvre dans des mines d'altitude ont conduit à des fermetures progressives principalement lors de la seconde moitié du siècle dernier.

De nombreux sites sont alors tombés dans l'oubli et l'on peut imaginer que de nombreux sites miniers pourraient encore être re-découverts dans les Alpes.

Différents minerais de fer ont été exploités à travers la chaîne alpine : l'hématite éocène mise en valeur dans la mine d'Erzgruben en Bavière ou bien celle du Malm exploitée à Gonzen en Suisse, la sidérite carbonifère des gisements des Hurtières, de Schilpario dans le Val Trompia, ainsi que dans le Erzberg en Autriche.

Figure 2.34 : Mine d'Eisenerz

Ce dernier filon (Photo 2.34), d'une teneur de 22 à 40 % est le plus important gisement de sidérite d'Europe. L'exploitation industrielle du site commence au XIIe siècle. Vers 1600, 10 à 12 000 tonnes de fer sont produites chaque année ce qui représente environ 15 % de la production européenne, les historiens locaux parlent du petit âge du fer. A l'époque, cette industrie du fer irrigue l'ensemble de la région, le gisement du Erzberg mais aussi les nombreuses mines des vallées voisines, l'exploitation forestière indispensable à la production du charbon de bois, toute l'industrie de transformation mais aussi une agriculture importante pour nourrir toute cette population. D'où des flux de matériaux circulant le long de la route du fer qui draine même des productions lointaines, comme les ressources agricoles de la Hongrie voisine. Au XVIIe siècle, l'apparition de nouvelles techniques en Angleterre ainsi que la découverte de gisements mieux situés par rapport aux grandes routes d'échanges européennes vont progressivement sonner le déclin industriel de la région. Depuis quelques années, afin d'enrayer la fuite de la population, et développer l'attrait touristique de la région, deux parcs nationaux ont été créés : le parc national Gesaüse et le Kalkapen national parc mais aussi un parc naturel régional : le parc naturel Eisenwurzen, devenu Geoparc en 2001, qui tire son nom d'un terme local qui associe le fer à un mot du dialecte Wurzen qui représente les racines d'un arbre car au moyen-âge on pensait que le fer se régénérait dans les profondeurs de la terre. Dans les années 1990, un projet de route du fer (eisenstrasse) a vu le jour dans le cadre d'un programme LEADER. L'ensemble des sites liés à l'activité minière de la région sont bien sûr inclus dans celle-ci qui associe plus de 76 communautés (Hasenauer, 2007).

Les activités extractives ont aussi eu pour objectif la recherche de ressources énergétiques nécessaires au développement de l'activité industrielle. Ainsi, les mines de charbon du plateau Matheysin, ou les mines paysannes du briançonnais mais aussi les importants gisements de lignite pliocène exploités à Velenje en Slovénie ou bien ceux datant du Miocène, de Fohnsdorf en Styrie et qui a été la plus profonde mine de lignite du monde et de Käpnach en Suisse. La mine de Velenje, dont on été extraits plus de 120 millions de tonnes de lignite a profondément impacté l'environnement de la vallée de Salek. En effet, suite à l'affaissement des galeries, deux lacs se sont formés en surface. Bien que comblés progressivement par les résidus de chauffe du lignite, le plus grand d'entre eux atteint 60 m de profondeur pour un volume de 50 millions de m^{3}.

La recherche scientifique est particulièrement associée aux différents projets de développement touristique de ces mines. En effet, étant donné la prolifération de ce type de reconversion, il est important que chaque site puisse affirmer sa particularité d'où des recherches archéologiques, historiques, de géologie minière bien sûr mais aussi, l'apparition de nouveaux domaines scientifiques comme l'archeométallurgie. Ainsi, dans le cadre du projet Iron Route, des recherches en archaeométallurgie ont permis de retrouver la provenance d'objets en cuivre par l'analyse des isotopes et des éléments traces et la création d'une base de données à l'échelle des Alpes (Artioli et al, 2008). L'analyse des associations minérales retrouvées dans les scories de

l'exploitation des mines de Servette, dans le Val d'Aoste a permis à Simione Tumiati de reconstituer les températures de fusion du minerai aux différentes périodes de l'exploitation et ainsi de dater l'apparition des haut fourneaux dans la vallée (Tumiati, 2005). Dans un registre plus classique, le groupe de recherche sur les carrières historiques, financé par un programme européen de la DG culture et éducation mène des recherches transversales afin d'assurer la mise en valeur touristique de ces carrières. Le professeur Uhlir travaille ainsi sur les carrières de marbre d'Untersberg et d'Adnet, qui exploitent au cœur des Alpes calcaires du nord, pour l'une les brèches calcaires du Crétacé supérieur de la série de Gosau et pour l'autre, le calcaire noduleux rouge du Jurassique inférieur (Uhlir, 2006) Des initiatives sont aussi impulsées par le secteur économique qui exploite ces ressources. Ainsi, le projet Pietre del VCO regroupant l'assograniti qui représente le secteur de l'exploitation marbrière du Val d'Ossola, les autorités de la province Verbania- Cusio- Ossola et du Piémont, ainsi que le laboratoire de géologie de l'Université de Milan ont depuis le début des années 2000 lancé un programme de valorisation de l'activité marbrière de la vallée. Avant tout orienté vers le développement économique de celle-ci, le projet comporte un certain nombre de réalisation a visée géotouristique comme la création du sentier Storie di Pietra à Beura.

On peut aussi noter ici des formes de mise en tourisme originale de ces anciennes mines. Ainsi, la mine de plomb de Mezica, en Slovénie, propose une découverte en VTT des galeries, sur des parcours pouvant aller de 2 à 7 heures. En Autriche et en Italie, des galeries sont transformées en centre de spéléothérapie, pratique particulièrement recommandée dans les cas de maladies respiratoires.

Ressource	ALLEMAGNE	AUTRICHE	FRANCE	ITALIE	SUISSE	SLOVENIE
Ressources énergétiques						
Charbon			Mine Image Mine paysanne de la Combarine Mine paysanne de Villard St-Pancrace			
Schistes bitumineux		Schaubergwerk Pertisau				
Lignite	Bergbaumuseum Peissenberg	Bergbaumuseum Fohnsdorf			Bergwerk Käpfnach	Mine de Velenje
Ressources minières						
Fer	Hématite de Erzgruben	Sidérite de : Bartholomaberg Eisenerz Hüttenberg	Sidérite des Hurtières Musée Jadis Allevard Sentier du Fer	Magnétite de Cogne Hématite de La Traverselle Parc minier de l'Ing A. Bonicelli à Schilpario	Mines de Gonzen	
Plomb zinc		Terra Mystica Terra montana		Mine Piani Resinelli Mine de Ridnau Mine de Prédil		Mine de Mezica
Argent		Mines de : Schwaz Leogang Silbergruben Oberzeiring Silbergwerk ramingstein Schaubergwer	Mines de : Pesey-Nancroix Brandes L'Argentière La Bessée		Sentier des mines du Mont chemin Mine de Davos Mines de Scuol	

		k Fügenberg Erlebnisbergwerk Lehenlahn Arzberg Schaustollen Silberbergwerk Bromriesen				
Or		Sentier de l'or des Hohe Tauern Shaubergwerk Zillertaler Musée de l'or de Böckstein Heiligenblut		Mine de la Guia à Macugnada	Mines de Gondo	
Cuivre		Chesselyte de Bartholomaberg Hochfeld Kupferplatte Huttau Bergbau- und Heimatmuseum Mühlbach Radmer Arthurstollen	Musée du Cuivre de la Roudoule	Sentier de Chuc et Servette Mines de Prettau	Mine de la Lée	
Mercure						St Anna mine
Ressources minérales						
Talc				Scopriminiere Mine de Bagnada		
Sel	Mine de Sel de Berteschgaden	Salzwelten Altausee Salzwelten Salzburg			Mine de Bex	
Gypse		Seegrotte				
Pierres fines						
		Emeraude d'Habbachtal Ophites de Bernstein			Sentier et mine de Binntal	
Matériaux de construction et « pierre »						
Ardoise			Ardoisières de Morzine		Mine d'ardoise d'Elm	
Marbre		Marbre Cré sup de Untersberg Marbre Jur inf d'Adnet		Ecomusei de la carrière de Lauze de Rorà		
Pierre de taille			Sentier des graniteurs	Ecomusei del granito di Montorfano Sentier "Storie di pietra" de Beura	Marbre d'Arzo	
Meules	Carrière de Hinterhör		Sentier des meules de Mont St-Martin			
Sable		Sunfixl-Höhle				

Tableau 2.6 : Mines géotouristique des Alpes et ressource naturelle exploitée

7.5 Les grottes touristiques

La mise en tourisme des grottes est un phénomène déjà ancien puisque la première cavité à ouvrir au public, dans les Alpes, fut la grotte d'Oliero en 1832. Depuis cette offre n'a cessé de progresser et il existe actuellement 51 grottes touristiques dans le massif (Figure 2.35). Là encore, la situation est extrêmement hétérogène. Quoi de commun entre la grotte de Kraus dans le géoparc Eisenwurzen qui accueille quelques milliers de visiteurs chaque année munis de casques et d'un éclairage individuel et la grotte du Mammouth dans le massif du Dachstein, ou celle de Choranche dans le Vercors qui atteignent chacune plus de 100 000 visiteurs et viennent de créer un nouveau son et lumière afin de renouveler leur produit touristique.

De plus en plus de visites sont organisées avec le souci d'une information minimale du visiteur sur le karst, la formation du réseau, quelques éléments de géomorphologie souterraine… Certaines grottes proposent même des visites réservées à un public en attente de cette information plus scientifique et certains des guides sont alors formés à cette approche. Ainsi, dans la région Rhône-Alpes, l'association « Séquence Nature » est chargée du développement de l'attractivité de certains sites naturels et dans ce but à organiser des séquences de formation auprès des guides de certaines grottes dont celle de Choranche. Une autre forme de diversification de l'offre s'est développée depuis quelques années dans une nouvelle direction, les grottes proposant des parcours d'initiation à la spéléologie qui permettent là encore, outre la découverte d'une pratique sportive peu connue du grand public l'initiation à quelques notions essentielles de karstologie. Parfois seule cette forme de visite est proposée, comme dans les grottes du Hölloch, dans le canton de Schwyz. Avec un réseau de plus de 200 kilomètres de galeries, elles se placent en tête des cavités souterraines. Découverte en 1875, elles sont célèbres par les explorations qui a conduit Alfred Bögli (1912-1998). Elles ont connu une première forme d'exploitation touristique au début du XXe siècle mais des inondations successives ainsi qu'un manque de fréquentation a conduit à leur fermeture, en 1917. La reprise de l'exploration en 1946 a contribué à la notoriété du site et depuis 1995 une société : Trekking team AG a acheté les droits d'exploitation et propose différents types de visites spéléologiques de quelques heures à plusieurs jours.

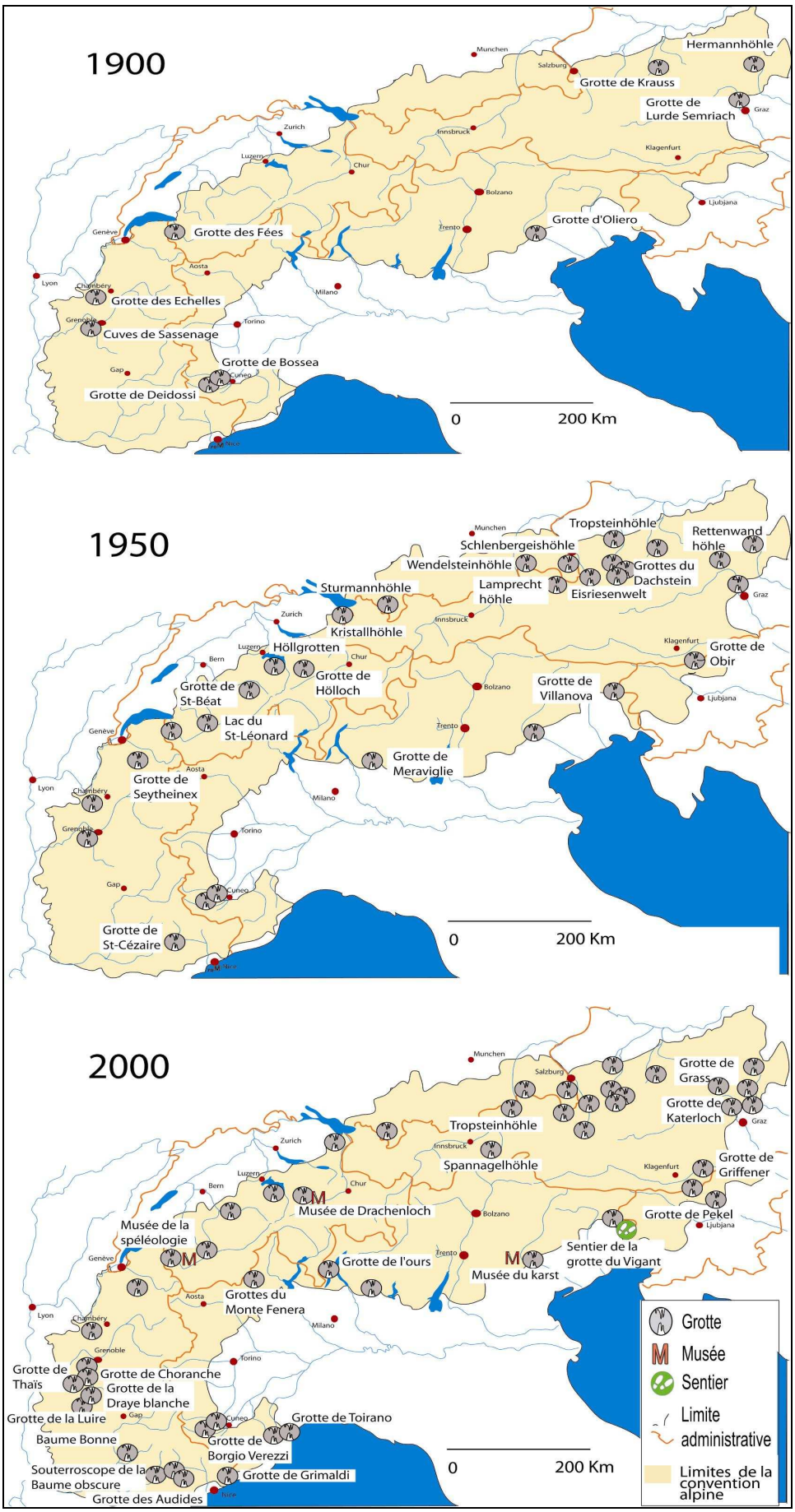


Figure 2.35 : Evolution du nombre de grottes touristiques dans les Alpes

7.6 Les gorges, du spectaculaire à l'approche géologique

Vingt-quatre gorges et canyons ont été aménagées dans les Alpes. Certaines se limitent à l'aspect spectaculaire qui caractérise ces géosites mais la plupart ont progressivement développé des outils d'informations expliquant leur origine, les figures géomorphologiques que l'on peut y observer… Il est important que cette évolution ait pu se faire car si le nombre de 24 est faible, la fréquentation de ces sites lorsque l'on peut la comptabiliser est toujours importante : 300 000 pour les gorges de Breichklamm dans le sud de la Bavière, 120 000 pour les gorges de l'Aar dans le canton de Bern, 60 000 pour les gorges du Pont du Diable en Haute-Savoie ainsi que le canyon de Bletterbach dans les Dolomites. Les gorges de Breitachklamm illustrent bien cette évolution du spectaculaire à l'éducatif. Découvertes au début du XXe siècle, le révérend Johanes Schiebel, de Tienfenbach, petit village voisin, entreprend de les rendre accessible afin de développer le tourisme dans la vallée. L'aménagement commence en 1904 et l'inauguration a lieu le 04 juillet 1905. Le 23 Septembre 1995, un glissement de terrain de 50 000 m^3 obstrue la gorge bloquant l'écoulement de la rivière. Lors de la rupture du barrage alors formé, au cours du printemps suivant, le 23 mars 1996, une crue détruit les installations touristiques provoquant 150 000 € de dégâts. Lae réaménagement est aussitôt entre pris et bénéficie du financement d'un programme Interreg IIIA qui associe la région dOberstdorf, avec la zone frontalière de l'Autriche. Plus de 80 000 euros, sont investi et, dans le cadre du centenaire de ce site géotouristique un centre d'interprétation est ajouté au bâtiment d'accueil situé à l'entrée aval des gorges. Il présente le circuit de l'eau dans les gorges, leur formation et des aspects liés à la faune et à la flore qu'elles abritent (Figure 2.36).

Figure 2.36 : Les gorges de Breitachklamm et leur écomusée

7.7 Fréquentation des sites et retombées économiques pour les territoires

Le géotourisme génère deux types de retombées économiques sur les territoires. Les retombées directes proviennent des droits d'entrée acquittés par les visiteurs dans les sites marchands (musées, mines, grottes et parfois gorges). Les retombées indirectes sont liées aux dépenses réalisées sur place par des touristes venus parcourir un sentier d'interprétation, offre non marchande, par exemple.

Sur les 388 sites inventoriés, 254 sont des sites à entrée payante. Trois sources d'informations ont été utilisées afin de collecter les données de fréquentation de ces sites touristiques : des synthèses réalisées à l'échelle des départements, cantons, Landër ou région par des instances officielles (l'Observatoire culturel du Piémont (http://www.ires.piemonte.it), le service

statistique autrichien (onglet Kultur) (http://www.statistik.at/), Museo STAT 2007 (Enquête de la direction des musées de France), Bilan de fréquentation des 80 principaux sites et musées de l'Isère (CDT-Isère), Touriscope (Côte d'Azur), les statistiques officielles de l'ICOMOS pour chacun des pays…). Certains sites, pour la plupart des sites de faible fréquentation, n'apparaissent pas dans ces synthèses. Un contact direct a donc été établi afin d'obtenir les données par les gérants. Ce sont ainsi 65 % des sites qui ont ainsi pu être renseignés (Annexe 2). Les fréquentations oscillent entre deux extrêmes, le site le plus fréquenté, la mine de sel de Berchtesgaden accueillant plus de 360 000 visiteurs par an alors que la petite mine de mercure de St-Anne en Slovénie n'est visitée que par 600 personnes dans le même temps. Pour les autres sites, fermés en période non touristique, gérés par des associations qui ne font pas réellement de suivi, ou bien des sites privés pour lesquels aucune réponse n'a pu être obtenu, les données n'ont pas pu être collectées. Dans la figure de synthèse présentant ces résultats (Figure 2.37), les sites non renseignés ont été grisés.
Pour les seules statistiques obtenues ce sont déjà plus de **5 millions** de touristes qui chaque année acquittent un droit d'entrée afin de découvrir une offre géotouristique sein de l'arc alpin.
Sachant que 1 € dépensé dans un site culturel rapporte 8 € on peut estimer à 40 millions d'euros le chiffre d'affaire pour l'ensemble de la chaîne alpine et, sachant que 10 000 entrées sur un site génèrent un emploi direct environ 500 emplois directs liés à cette forme de tourisme et autant d'emplois indirects puisque l'on estime qu'un emploi direct est source d'un à deux emplois indirects.

7.8 Conclusion

En étudiant chaque type d'offre géotouristique ce chapitre a permis d'illustrer, à l'échelle de l'arc alpin des phénomènes plus généraux qui avaient été présentés dans le chapitre 4, abordant les différentes formes de tourisme géologique. Tout d'abord, le géotourisme a connu dans les Alpes comme ailleurs une évolution quant au type de mise en tourisme des patrimoines géologiques. Au XIXe siècle, la constitution de collections récoltées sur le terrain alimente des muséums d'Histoire naturelle situés en général loin des lieux de fouille ou de récolte. Progressivement, les outils de valorisation se rapprocheront des sites de découverte assurant ainsi une meilleure contextualisation, une valorisation systémique qui abouti à promouvoir un territoire et pas seulement un objet. Le cas des musées de sites est exemplaire de cette nouvelle génération de produit touristique. Dans le même temps, les premiers géosites à être mis en tourisme sont des gorges, des canyons ou des grottes représentatifs d'une nature sauvage ou pittoresque et la visite est davantage axée sur la création d'une émotion par l'installation de passerelles au-dessus du vide ou l'utilisation d'un éclairage parcimonieux qui peuvent permettre à l'imagination de donner libre cours à ses fantasmes… renforcés par les noms donnés à certain spéléothèmes qui font largement références aux diables et aux démons. Là aussi progressivement, grâce aux progrès des connaissances scientifiques, les visites vont être enrichies d'explication géologiques jusqu'à la création, plus récemment d'écomusées qui viennent compléter la découverte offerte par le parcours de la gorge, du canyon ou de la grotte. Depuis les années 1970, la fermeture progressive des différentes mines encore en exploitation dans le massif a donné lieu à la reconversion de ces sites en produit touristique avec le double avantage de maintenir une activité économique mais aussi de renforcer l'identité des territoires. Enfin, depuis une trentaine d'années, le développement important des sentiers d'interprétation marque un nouveau pas dans la diversification de l'offre géotouristque. Alors que la grande majorité des sites précédemment décrits ont une vocation économique et doivent assurer leur rentabilité, ce dernier produit qui nécessite un investissement initial, consenti en général par les collectivités territoriales relève d'une offre gratuite. Ces sentiers sont créés par des communes qui veulent mettre en avant leur territoire, des espaces protégés qui doivent développer des outils didactiques ou des laboratoires de recherche qui valorisent ainsi le résultat de

programmes scientifiques. Ils entrent dans une offre touristique globale qui permet de renforcer l'attrait ces territoires et de diversifier leur offre.

L'évolution de l'offre géotouristique observée au cours des deux derniers siècles, s'appuie sur une évolution simultanée de la notion de patrimoine géologique. Représenté originellement par des géotopes d'une nature remarquable sur lesquels se sont appuyés, dans la plupart des pays, les premières mesures de protection celui-ci s'est étendu à une nature plus « banale » pour la plupart des citoyens ou des touristes qui nécessite désormais la mise en place d'une médiation scientifique afin d'en comprendre la richesse. Cette évolution a permis d'étendre le nombre de géosites à valoriser et ainsi de rendre potentiellement de très nombreux territoires susceptibles de jouer la carte du géotourisme.

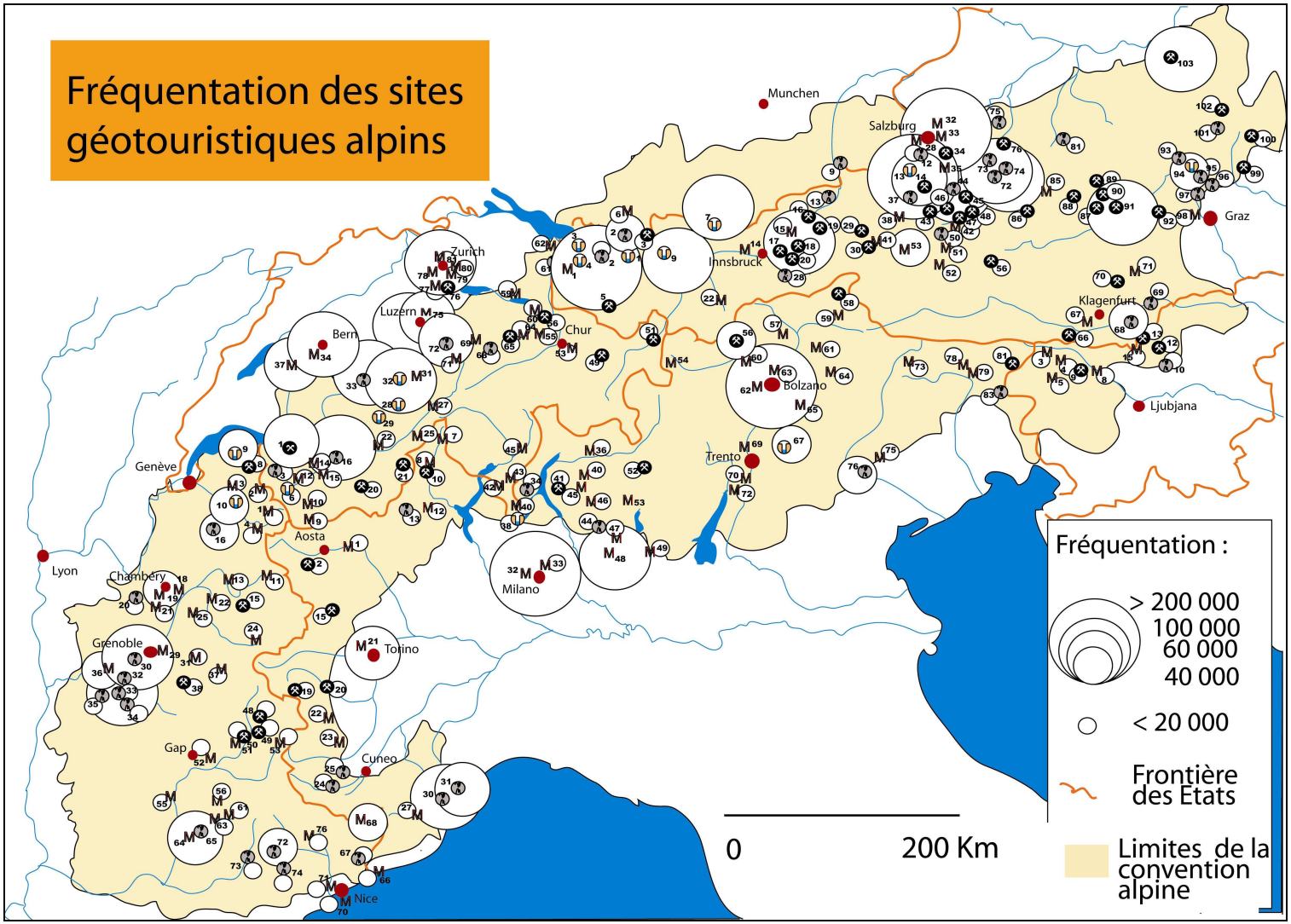


Figure 2.37 : Carte de la fréquentation des sites géotouristiques commerciaux dans l'arc alpin

Conclusion

Cette seconde partie avait pour objectif de réaliser un panorama de l'offre géotouristique au sein de l'arc alpin. Pour cela, il était nécessaire de définir le géotourisme afin d'établir une typologie des géosites inventoriés. Cinq catégories ont été retenues :

- les géosites *in situ* : grottes, gorges, mines et carrières ainsi que les sentiers géodidactiques.

Cette première catégorie est à rattacher à l'écotourisme, en effet, elle est axée sur des objets naturels dont la protection a été prise en compte. La découverte y associe une dimension liée aux activités de pleine nature avec une dimension éducative.

- les objets géotouristiques *ex situ* : la nébuleuse muséographique.

Cette seconde catégorie relève du tourisme culturel qui propose au travers de la découverte des patrimoines d'un territoire d'enrichir les connaissances du visiteur.

Chacune de ces catégories a ensuite fait l'objet d'une présentation spécifique afin d'en donner une définition, et de rappeler quelques éléments conceptuels, historiques ou économiques. Si certains types d'objets sont spécifiques au géotourisme : grottes, gorges ou mines, d'autres tels les musées ou les sentiers d'interprétation ont été développés par d'autres secteurs touristiques, culturel ou de nature et dans ce cas on observe que l'adaptation de ces produits au patrimoine géologique a presque toujours été postérieure aux avancées observées dans les autres domaines.

L'inventaire réalisé, pays par pays, a permis en première analyse de mettre en avant pour chacun d'eux les éléments les plus remarquables de ces résultats et en particulier les différences culturelles qui ont pu être notées. Des pays comme l'Allemagne, l'Autriche ou la Suisse sont davantage tournés vers un géotourisme qui s'appuie sur la découverte de géotopes *in situ*, privilégiant donc une approche naturaliste de la géologie, alors que des pays comme la France, l'Italie ainsi que certains cantons suisses ont une offre muséographique importante, qui privilégie donc l'approche *ex situ*, davantage orientée vers une perception culturelle de la géologie.

Enfin, ces résultats ont été passés par le filtre de plusieurs analyses : qualitative d'abord, nous intéressant alors à chaque type d'objets géotouristiques en soulignant les principales différences observées pays par pays. Quantitative ensuite afin de définir les centres stratégiques du géotourisme alpin ainsi que leur rôle dans le développement des territoires.

Plusieurs générations d'offre géotouristique ont déjà eu le temps de se succéder depuis deux siècles. A l'origine le géotourisme s'est appuyé sur des géosites rares et pour cela remarquables, devant lesquels chacun peut, sans culture géologique éprouver une émotion et donc de l'intérêt. L'accent était alors mis sur des sites naturels grandioses ou des collections uniques. Progressivement, suivant en cela les avancées scientifiques, le champ patrimonial s'est étendu à des sites plus communs mais qui, par le biais d'une médiation, pouvaient prendre valeur aux yeux de tous. Les géosites potentiellement valorisables sont devenus plus nombreux et de nombreux territoires ont alors pu, par le levier de jeux d'acteurs partiellement décrits dans certains cas ici, s'emparer de ce nouveau champ de développement local.

5 millions de géotouristes parcourent les Alpes chaque années montrant que cette niche touristique est devenue désormais une ressource économique à part entière.

Troisième partie

Itinéraires géotouristiques à la découverte de l’histoire géologique des Alpes

Introduction

Environ quatre cents sites géotouristiques ont été recensés à travers l'ensemble de l'arc alpin. Ils mettent en valeur différents patrimoines géologiques *in situ* et *ex situ* abordant de nombreuses étapes de l'histoire de cette chaîne de montagne. Chacun de ces géosites éclaire un aspect de l'histoire anté-alpine des Alpes, de l'orogenèse alpine ou bien illustre un événement géologique, paléontologique, géomorphologique… de portée plus locale ou plus globale.

Ils relèvent de l'offre touristique d'une commune, d'une vallée ou d'une région et ont été créés dans le but de promouvoir ces territoires. Parfois ils fonctionnent en réseau, mais les critères qui ont prévalu à leur association relèvent davantage de logiques géographiques permettant d'assurer une cohérence de l'offre touristique ou de démarches de projets comme dans les réseaux géoparcs ou le programme « Iron route » déjà évoqués précédemment. Pourtant, au-delà de cette fonction d'outil de développement touristique local, chacun de ces sites peut être considéré comme le maillon d'une histoire géologique originale des Alpes.

Dans cette partie, la sélection d'une centaine des géosites parmi les quelque quatre cents précédemment présentés, a été effectuée afin de **retracer de façon chronologique les principales étapes de l'histoire géologique des Alpes.** Cette histoire pourra paraître en partie incomplète car seuls sont pris en compte les géosites au travers desquels la mise en tourisme permet un décryptage efficace, conçu pour un public néophyte, d'un phénomène géologique. Les sites retenus le sont donc pour la qualité du message qu'ils ont développé mais aussi pour leur représentativité d'une phase de l'histoire anté-alpine puis alpine. Dans un second temps, les sites retenus ont été associés dans des itinéraires géotouristiques qui éclairent d'un regard nouveau le déroulement des événements car certains sites mineurs dans l'histoire des Alpes y ont toute leur place en raison de la qualité de leur mise en tourisme. A l'inverse, d'autres sites majeurs au regard des géologues ne font même pas partie de l'inventaire puisque ne faisant pas l'objet d'une mise en valeur géotouristique.

Plusieurs critères ont déterminé cette sélection :

- Une reconnaissance préexistante ayant déjà donné lieu à l'attribution d'un label comme l'inscription au patrimoine mondial de l'UNESCO ou le label « *global geopark*»..
- Une fréquentation importante garante de la qualité de l'offre de médiation qui est proposée. Ainsi les mines de sel de Berchtesgaden en Allemagne, qui attirent plus de 300 000 visiteurs par an ou bien la grotte de Choranche, en France avec plus de 100 000 visiteurs mettent en valeur des sites exceptionnels en proposant une médiation scientifique exemplaire.
- L'intérêt géologique n'a pas été négligé et des sites dont on peut qualifier la mise en tourisme de minimaliste ont été retenus car témoins d'une étape importante de l'histoire géologique à l'échelle des Alpes ou même de la planète. Ainsi, la limite Crétacé/Tertiaire que l'on peut observer dans un petit ravin de la région de Gams en Autriche, et qui a été mise en valeur par le géoparc Eisenwurzen dans le centre d'interprétation du village, a été choisie en raison de l'importance de cet événement dans l'histoire des espèces mais aussi auprès du grand public.
- Un certain souci d'homogénéité de la répartition géographique des sites afin que l'ensemble de la chaîne soit parcouru et chaque pays représenté à l'image de la part respective qu'il occupe dans l'offre géotouristique globale de cette étude.

Appliqués au corpus des quelque quatre cents géosites inventoriés, ces critères ont permis de retenir une centaine de sites géotouristiques pour lesquels des investigations plus complètes ont été réalisées : visite de terrain, rencontres et entretiens avec les créateurs, dirigeants, exploitants, guides, études des supports de médiation, des résultats de la recherche scientifique… Des itinéraires géotouristiques ont alors été conçus dans l'objectif de raconter

l'histoire géologique des Alpes, histoire construite à partir d'un patrimoine géologique reconnu et mis en valeur à des fins touristiques (Carte 3.1). Ces itinéraires suivent des fils conducteurs différents suivant les périodes ou les ères géologiques. Pour le Paléozoïque, la difficulté de replacer les géotopes actuels dans une paléogéographie clairement identifiée a conduit à privilégier la place occupée par chacun d'eux dans les différents domaines alpins actuels. Au Trias, la paléogéographie devenue plus uniforme explique que des phénomènes identiques se soient déroulés de façon similaire sur de vastes territoires. Un certain nombre de géotopes aujourd'hui dispersés dans la chaîne relèvent donc d'événements communs et il a donc été choisi de les regrouper par thèmes : dépôts salifères, filons métallifères… Pour le Jurassique le fil conducteur respecte la paléogéographie du rifting : marge européenne, océan, marge apulienne. Pour la période Crétacé, le peu de sites retenus n'a pas nécessité de les associer dans un parcours. L'itinéraire Cénozoïque respecte la stricte chronologie des événements et le Quaternaire associe les différents sites par thèmes.

Chacun des géosites retenus est présenté en associant les aspects géologiques de son histoire aux différentes circonstances qui ont prévalu à sa mise en tourisme.

Les données recueillies ont été rendues disponibles pour tous au moyen d'un site internet qui permet la diffusion de ce travail suivant plusieurs niveaux de lecture. Différentes techniques innovantes ont permis la création d'itinéraires géologiques virtuels qui présentent le réseau des sites via des animations accessibles par Google Earth.

Carte 3.1 : Carte de la répartition des sites géotouristiques utilisés dans les itinéraires

Chapitre 8 : Une histoire paléozoïque racontée par une mosaïque de sites

Bien que notre étude porte sur l'histoire alpine de la chaîne, il semble indispensable de considérer également son histoire antéalpine, dont quelques épisodes sont illustrés par un certain nombre des sites géotouristiques inventoriés. En effet, des exploitations minières, des carrières, mais aussi, des sentiers d'interprétation ainsi que quelques expositions minéralogiques et cristallographiques, permettent de découvrir certains jalons de cette histoire ancienne.

Plus de 50 % de la superficie de l'arc alpin exposent des fragments d'un socle Paléozoïque qui se sont assemblés ou dissociés au cours de l'orogenèse alpine. Les éléments les plus anciens, correspondent au complexe gneisso-amphibolique austroalpin que l'on retrouve principalement dans l'Ötztal et la nappe de la Silvretta, au cœur de la fenêtre des Hohe Tauern. Ils témoignent d'un système d'arcs volcaniques lié à une subduction à la limite Protérozoïque/Cambrien ainsi que les métabasites et ultrabasites des ophiolites de Stubach, en Autriche qui sont, eux, interprétés comme les épanchements volcaniques du bassin d'arrière arc de cette même période (Raumer et *al*, 1998).

Les futures Alpes appartiennent alors à la marge nord du continent Gondwana qui va subir au cours du Paléozoïque, plusieurs orogenèses dont une concerne cette zone, l'orogenèse varisque ainsi qu'une migration depuis des latitudes très basses jusqu'à l'équateur. Comprendre cette histoire complexe, nécessite de décrypter le polymétamorphisme qui affecte la plupart de ces terrains dispersés au cœur des Alpes actuelles.

Après avoir rappelé succinctement les principales étapes de l'histoire paléozoïque de cette partie du globe, les géosites touristiques retenus seront étudiés dans leur contexte structural actuel.

8.1 Les principaux événements de l'évolution paléozoïque

Les reliques paléozoïques dans les Alpes :

Les synthèses réalisées par Von Raumer permettent de retracer les grandes étapes de l'histoire Paléozoïque du socle alpin (Von Raumer et *al*, 2003).

La carte suivante reconstitue l'origine en terme de plaques tectoniques des différentes terranes qui composent aujourd'hui, le socle paléozoïque de la chaîne alpine (Figure 3.1)

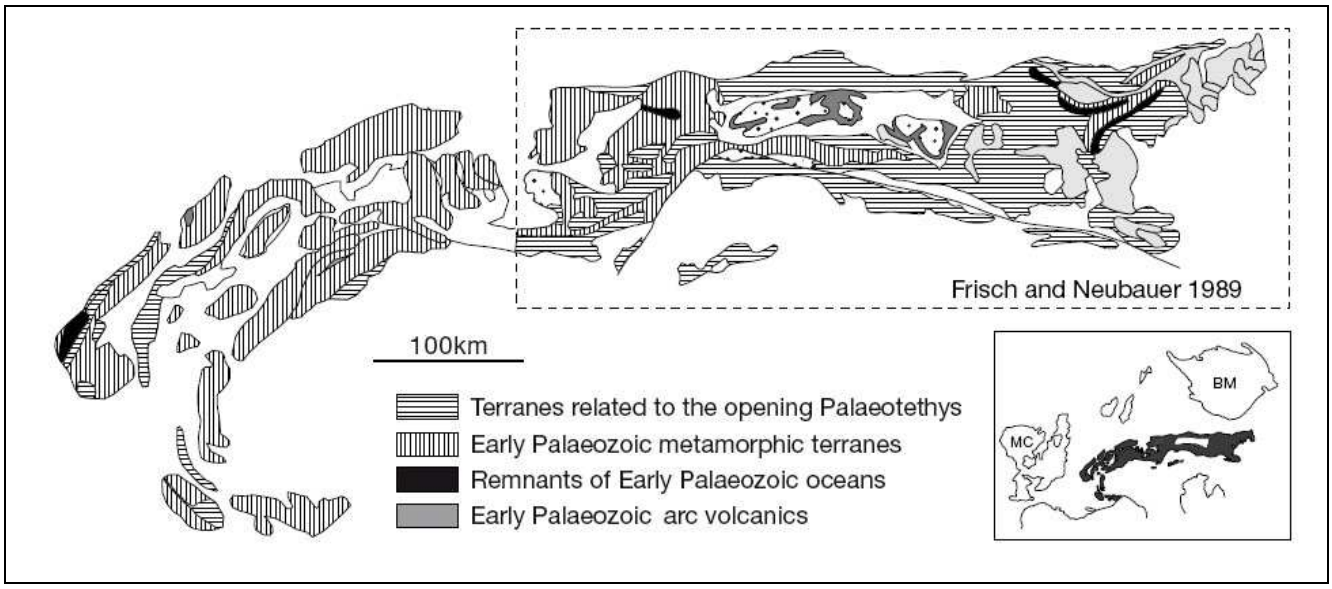


Figure 3.1 : Origine des différents éléments antéalpins des Alpes. (Raumer, 2003)

Principaux événements géologiques et paléontologiques au cours du Paléozoïque :

Le Paléozoïque est souvent subdivisé en deux périodes distinctes :

- Le paléozoïque inférieur qui débute au Cambrien, il y a 540 millions d'années et marque le début des temps phanérozoïques. Il s'achève au Silurien, il y a 410 millions d'années.
- Le paléozoïque supérieur qui couvre le Dévonien, le Carbonifère et le Permien et s'achève, il y a 245 millions d'années par un phénomène d'extinction massive d'espèces à la limite permo-triasique.

Au Cambrien, l'ouverture de l'océan Rhéïque provoque la séparation du continent Avalonia ainsi que de plusieurs terranes situées plus à l'est de la marge nord-est du Gondwana. Les traces de ce rifting cambro-ordovicien peuvent s'observer dans les lambeaux du complexe ophiolitique de Chamrousse. Un épisode orogénique provoque ensuite la subduction/collision de ces micro-continents avec la marge est du continent formant des super-terranes composées de blocs de socle, d'arcs volcaniques, de lambeaux d'océans subductés. Cet épisode sera suivi au Silurien par l'ouverture de l'océan prototéthys qui repousse vers le nord ces terranes qui constituent le micro-continent Hunia (Raumer, 2002) (Figure 3.2).

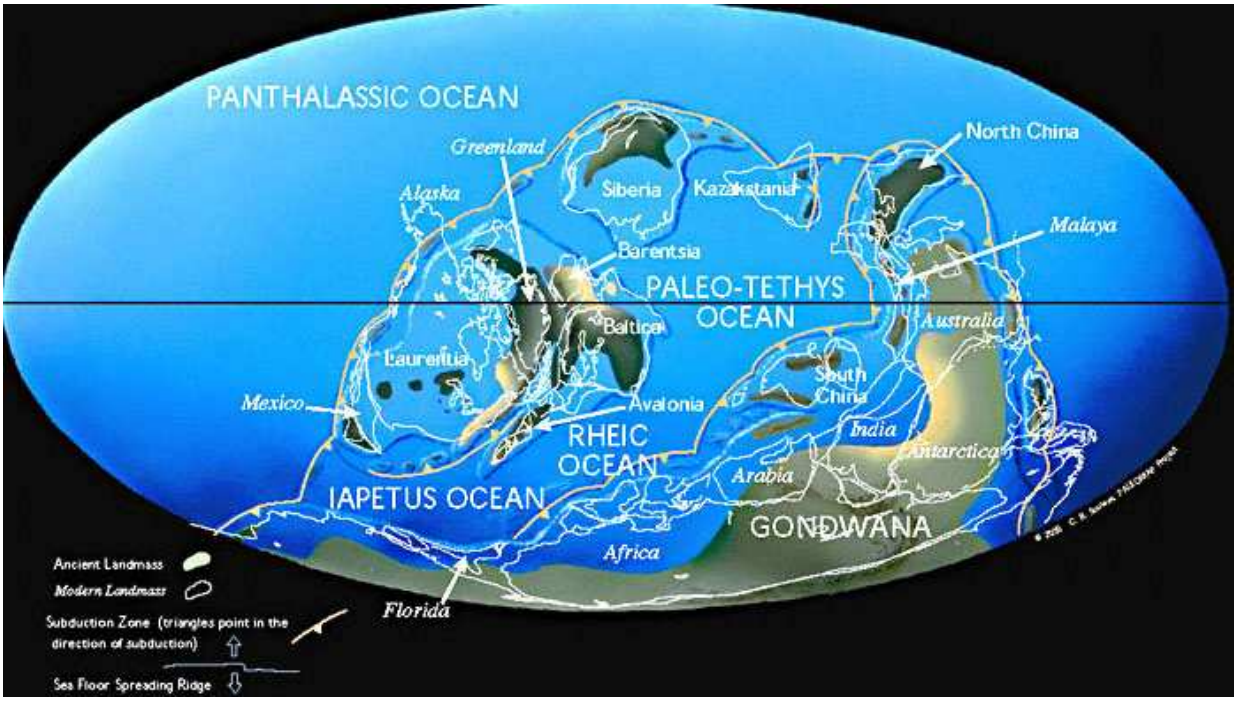
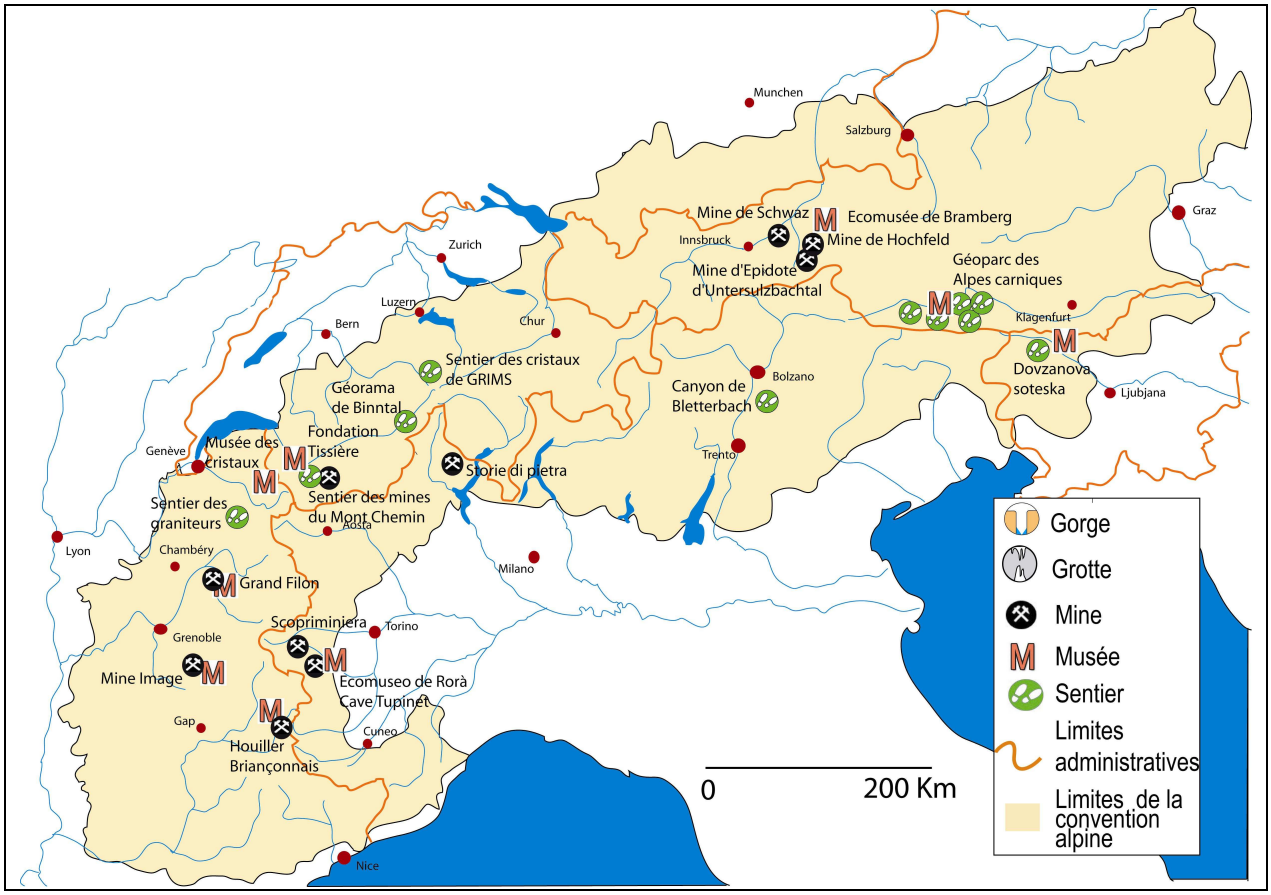


Figure 3.2 : Répartition des terres émergées au Silurien (- 425 Ma) (d'Après Paleo map project)

L'orogenèse varisque est étroitement liée à la subduction progressive de l'océan Rhéique qui débute au tardi-carbonifère. Progressivement, la collision des blocs continentaux va donner naissance à un super-continent, la Pangée. Des bassins limniques subsidents mais aussi des bassins paraliques étendus, en raison d'un niveau des mers peu élevé, vont abrités une végétation luxuriante se développant sous un climat propice. Ces végétaux seront à l'origine des importants gisements houillers qui caractérisent le Carbonifère supérieur. Dans la phase tardive de l'orogenèse, alors que l'accrétion continentale a donné naissance à la Pangée, différents plutons granitiques tels ceux de l'Aar, du Gothard, du Mont-blanc et des Aiguilles Rouges, de Belledonne, du Pelvoux et de l'Argentera vont se mettre en place. Au cours du Permien, d'importantes manifestations volcaniques vont se produire. La limite Permien-Trias est marquée par la crise biologique la plus catastrophique qui voit disparaître entre 85 et 96 % des espèces marines et 70 à 77 % des familles de vertébrés terrestres (Lethiers, 1998).

8.2 Répartition spatio-temporelle des sites retenus (Carte 3.2)

Une vingtaine de géosites aménagés pour le tourisme ont été retenus. Ils illustrent quelques 200 millions d'années d'histoire géologique de la marge nord du Gondwana. Afin d'apporter une certaine cohérence à la présentation de ces sites il a été choisi de les ordonner en fonction de la place qu'ils occupent aujourd'hui au sein du massif. Le plan suivra donc l'organisation structurale des Alpes en abordant successivement les domaines externes, internes puis sud et austro-alpin. La colonne stratigraphique utilisée se limitera aux divisions concernant les systèmes du Paléozoïque sans descendre au niveau des étages, la précision temporelle des événements relatés ne nécessitant pas d'avoir recours à cette échelle temps. La nouvelle nomenclature de la Charte Stratigraphique Internationale sera cependant rappelée lorsque des étages tel le Westphalien ou le Stéphanien seront cités. En effet, encore largement employés dans les documents de médiation scientifique, ces termes sont pourtant remplacés désormais par ceux de Moscovien et de Kasimovien. La Charte a, par contre, été utilisée afin de délimiter les âges des limites des différents systèmes (Figure 3.3).



Carte 3.2 : Répartition géographique des sites paléozoïques retenus

Les géosites retenus ont très souvent connu une histoire polyphasée. Ainsi, les minéralisations qui se développent dans un encaissant d'un certain âge, sont elles-mêmes parfois postérieures et peuvent avoir subi une troisième phase ayant permis leur concentration en un gisement exploitable. Le choix a été fait ici de placer chaque mine ou carrière faisant l'objet d'une mise en valeur touristique au niveau de l'âge de l'encaissant qui abrite la minéralisation car c'est à celui-ci que le paysage géologique général du site de l'exploitation s'intègre.

La majorité des sites sont liés à l'existence et l'exploitation de ressources minières ou minérales. Quelques sites paléontologiques et stratigraphiques permettent cependant de retracer quelques épisodes de cette histoire ancienne.

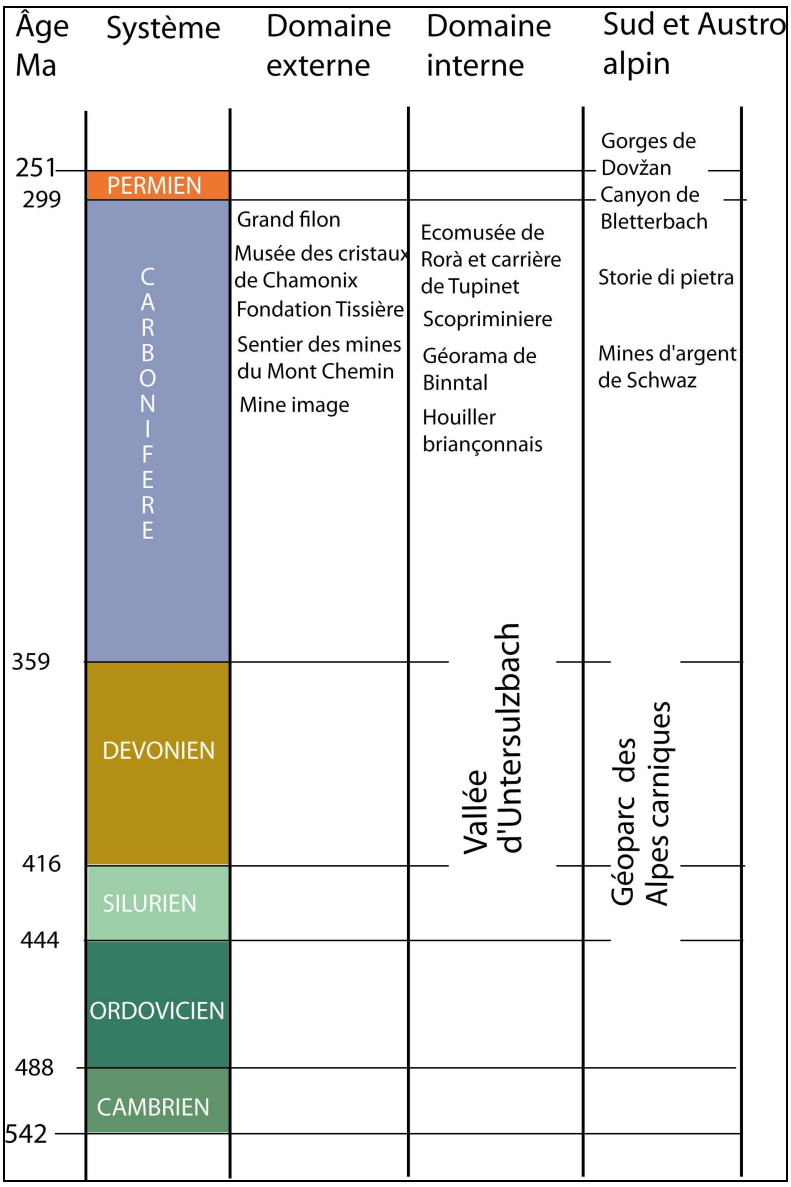


Figure 3.3 : Répartition stratigraphique des sites paléozoïques retenus

8.3 Le domaine externe

Le Paléozoïque inférieur expose les témoins de l'ouverture de l'océan Rhéique qui a provoqué la séparation du micro-continent Avalonia et la formation de nombreux terranes. Aucun géosite de cette période, dans cette partie des Alpes n'a été valorisé. Ainsi, les ophiolites de Chamrousse, bien connues, sont d'une lecture difficile pour le néophyte en raison de leur histoire ancienne et des nombreuses transformations qu'elles ont subie depuis leur formation, ce qui peut expliquer que personne ne se soit intéressé encore à leur mise en valeur. On trouve ensuite les traces de l'orogenèse varisque. Au cours du Carbonifère d'importants bassins houillers se sont mis en place. Plus tardivement, des intrusions granitiques ont donné naissance à la série des massifs cristallins tardi-hercyniens (Raumer et al., 2009).
Cette histoire anté-alpine est mise en valeur par plusieurs sentiers d'interprétation dont le thème principal porte sur les roches et principalement les granites (et les minéralisations alpines qui leurs sont associés) : sentier des cristaux de GRIMS dans le massif de l'Aar, sentier du granite à Chamonix ou sentier des graniteurs à Combloux. D'autres sites abordent les activités minières comme le sentier des mines du Mont Chemin au-dessus de Martigny qui permet de découvrir les exploitations de magnétite pour le fer et de galène argentifère, ou les musées comme le

Grand Filon, aux Hurtières, dans le massif de Belledonne ainsi que la Mine Image sur le plateau Matheysin.

8.3.1 Les mines du Mont Chemin et leur sentier d'interprétation (n°174)

Dans le canton du Valais, au-dessus de Martigny, un massif isolé, le Mont-Chemin, conserve les traces d'une histoire minière millénaire(Figure 3.4).

- **Origine géologique des gisements**

Les gisements de fer du Mont Chemin sont associés à des skarns. Ces roches métamorphiques se forment au contact d'un encaissant calcaire par l'action des fluides hydrothermaux en provenance d'une intrusion granitique. Au Carbonifère inférieur, l'orogène varisque a, dans un premier temps, métamorphisé les calcaires du paléozoïque inférieur en marbre. Puis, lors de la mise en place des plutons granitiques du Mont-Blanc, il y a 304 millions d'années (Burri, 1990), les fluides de l'intrusion de porphyre quartzifère ont saturé en fer les minéraux issus des réactions de ces fluides avec les marbres donnant naissance au gisement de magnétite d'une teneur d'environ 72 %. La magnétite est un oxyde de fer qui a la particularité d'être ferro-magnétique. Peu répandu en Europe, ce type de minerai ne se retrouve que dans les mines de la Traverselle, dans le piémont italien ainsi que dans les Dolomites (Beck, 1998).

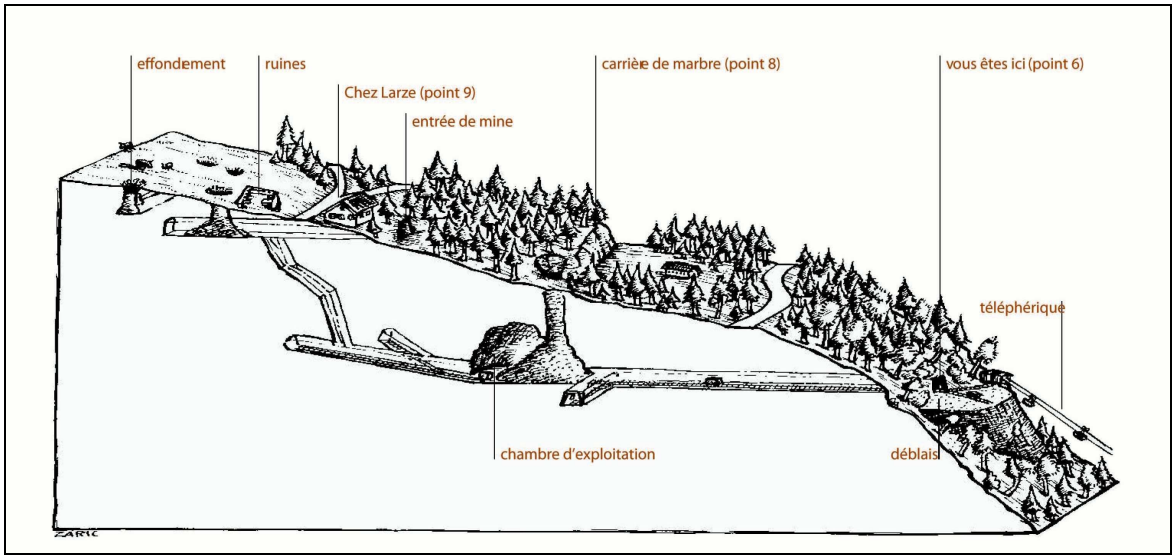


Figure 3.4 : La mine de chez Larze sur le Mont Chemin (source : fascicule d'interprétation du sentier)

- **Histoire de l'exploitation du fer au Mont Chemin**

Trois phases principales ont été identifiées :

L'exploitation mérovingienne : longtemps attribuée aux Romains, dont l'occupation à Martigny était connue depuis les fouilles archéologiques conduites à la fin du XIXe siècle, des datations au carbone 14 effectuées sur les tas de scories retrouvées dans la montagne ont donné des valeurs comprises entre les années 556 et 669 (Beck, 1997). A cette époque, les Longobards, tribus germaniques venant de Hongrie occupaient le Valais bloquant les routes commerciales qui amenaient auparavant le fer depuis les mines de la vallée d'Aoste (Cogne) ou du Piémont proche (Traverselle). L'analyse des scories a permis d'évaluer le rendement moyen de la technique d'extraction du fer par les bas-fourneaux. Elle était de 69 %, ce qui est considérable pour un minerai tel que la magnétite. Le volume total des scories de cette période est d'environ 1800 m^3. On peut ainsi évaluer à 600 tonnes, la quantité de métal produit lors de cette première phase d'exploitation. La surface forestière nécessaire à la production de ces 600 tonnes est estimée à 42 ha, le charbon de bois étant utilisé à la fois pour l'abattage au feu ainsi que pour le fonctionnement des bas-fourneaux, le bois servant aussi à l'étayage des galeries.

Le Moyen-Âge : la plus ancienne trace écrite de l'exploitation des mines au Mont-Chemin date du XIVe siècle. L'extraction était concentrée dans le couloir Collaud ainsi que la datation de

charbons de bois retrouvés dans le sol des galeries, toujours exploitées par abattage au feu, a permis de le déterminer.

La période moderne : lors de son voyage dans les Alpes, en 1795, Horace-Benedict de Saussure décrit les fourneaux qu'il a observés au hameau des Valettes. En 1814, les activités minières sont toujours importantes sur le Mont Chemin et lors de la visite de l'inspecteur des mines du département du Simplon, Emile Gueymard, celui-ci inspecte les galeries et l'usine des Valettes, près de Bovernier, qui abrite le haut fourneau. Le 16 juin 1816, la crue, provoquée par la rupture du barrage du Giétroz, provoque d'importantes dégradations sur les installations. L'exploitation change alors de propriétaire. L'extraction reste encore assez active au milieu du XIXe siècle (10 000 tonnes extraites entre 1842 et 1855) mais elle décline progressivement et la concession tombe dans le domaine public en 1875.

Pendant la première guerre mondiale, une prospection par magnétométrie montre le potentiel du gisement et en 1928, la S.A. des Mines du Mont Chemin reprend l'exploitation. Elle devient un peu plus tard la Société pour le Développement de Mines et Entreprises Sidérurgiques. Près de 60 000 tonnes de fer sont encore produites jusqu'à ce que la concession retombe dans le domaine public en 1949 (Ansermet, 2001).

- **La création du sentier des Mines du Mont Chemin**

De nombreux traces de l'activité minière sont toujours dispersées dans la montagne : galeries et sites d'extraction, restes de bas fourneaux, scories, câbles et routes pour évacuer le minerai…Un sentier d'interprétation a été aménagé en 1998 afin de découvrir tous ces vestiges. Fruit de la collaboration entre l'ingénieur Pascal Tyssières, membre du comité du Vieux-Martigny, Olivier Guex, alors inspecteur forestier et Willy Fellay, à l'époque chef des Services techniques de Martigny, il a été réalisé avec le soutien des communes de Volèges, Bovernier, Martigny, Charrat et Sembrancher. Au départ du col des Planches, à 1400 m, une boucle de 4 km, sans pratiquement de dénivelée, présente, à l'aide d'une quinzaine de panneaux, l'histoire des activités minières mais aussi pastorales et touristiques. Récemment, pour les 10 années de ce sentier, un site internet a été créé (www.sentier-des-mines.ch).

8.3.2 La mine des Hurtières et le grand filon (n°58)

Trois districts miniers sont répartis au cœur de la série satinée du chaînon externe du massif de Belledonne : Aiguebelle-Hurtières, Allevard et Vizille. Les deux premiers ont donné lieu à une importante activité d'extraction.

- **Origine du gisement**

Le principal filon de sidérite, un carbonate de fer, exploité aux Hurtières : le « Grand filon » ou « Filon St-Georges », a une puissance de 5 à 8 m. Il recoupe la schistosité principale des formations, qui résultent du métamorphisme d'âge Carbonifère, de flysch dont l'âge n'a pas encore été déterminé avec précision. Trois phases de minéralisation ont été reconnues, les deux premières sont attribuées à l'orogenèse varisque entre 316 et 260 millions d'années, la troisième étant rapportée au Trias (Gasquet, 1998).

- **Histoire de l'exploitation**

Le plus ancien écrit faisant mention des mines de St-Georges est une lettre du Comte Amédée V datant du 1er juin 1289. La mine fut ensuite exploitée par le comte de La Chambre, à partir de 1497, rachetée par le baron de Chateauneuf en 1687 puis, après la ruine de ce dernier, par son banquier en 1740.

La grande époque de l'exploitation minière commence en 1776 par la création de la compagnie Villat qui reprend la concession du cuivre, le fer étant laissé à la disposition des gens du pays. L'extraction anarchique conduite par les habitants, plus de 62 exploitations avec quelques 38 entrées conduisit à de nombreux conflits qui allèrent jusqu'en justice.

Une nouvelle période s'ouvre en 1875 quand la compagnie Schneider, du Creusot, reprend la concession. Entre 1875 et 1886, 257 000 tonnes de sidérite sont extraites, ainsi que 10 075 tonnes de minerai de cuivre. Peu à peu le gisement s'épuise et, dans le même temps, la découverte du procédé de déphosphoration de la minette de Lorraine va rendre celle-ci plus

concurrentielle. La fermeture des mines des Hurtières est programmée, elle est effective dès la fin des années 1930. La mine principale représente une vingtaine de kilomètres de galeries étagées sur 522 m de dénivellation entre le hameau de La Minière à 916 m et le sommet du massif à plus de 1400 m (Durand, 2005). 1,5 million de tonnes de minerais ont été extraits en 700 ans.

- **La création du musée du grand filon**

La loi du 15 juillet 1994 a sensiblement modifié le Code des Mines. Ces nouvelles dispositions ont entraîné la responsabilité de l'État pour les concessions constatées en déshérence à cette date et ont ainsi mis la notion de "mines orphelines" en évidence. Le Bureau de Recherches Géologiques et Minières a alors été chargé de sécuriser ces concessions minières orphelines et le cas échéant a choisi d'en clore définitivement l'ensemble des entrées. C'est dans ce contexte qu'un géologue, Henri Dabrowski, persuada les élus de la commune d'envisager une mise en valeur touristique de ce patrimoine minier exceptionnel. 1,5 million d'euros ont alors été investi, financés à 80 % par un programme Interreg, les derniers 20 % étant pris en charge par le SIPDH (Syndicat Intercommunal pour le Développement des Hurtières) afin de créer les 640 m^2 d'exposition ainsi que le parc métallurgique extérieur. Le projet a vu le jour en 2000 et accueille environ 10 000 visiteurs par an (Figure 3.5). Depuis le 1er Octobre 2004, la gestion du musée est devenue communale De nombreuses animations, comme la transformation du minerai en métal, y sont proposées, mais aussi des tournois ou l'épée Durandal issue du minerai des Hurtières est mise en vedette. Un projet d'extension des visites aux galeries d'exploitation est en cours, il devrait permettre d'équiper une traversée souterraine offrant à la découverte les galeries les mieux préservées.

Figure 3.5 : Entrée du Grand Filon

8.3.3 Le bassin houiller de La Mure et la Mine Image (n°41)

Les gisements de charbon des Alpes sont marginaux comparés à ceux qui ont été exploités dans le reste de l'Europe. En effet, l'orogenèse alpine les a fortement tectonisés d'où l'irrégularité des filons et l'extension limitée des bassins. Celui de La Mure, sur le plateau Matheysin a malgré cela connu une importante activité dont témoigne l'aménagement du plateau.

- **Origine du gisement**

L'anthracite exploitée dans le bassin de La Mure est d'âge Stéphanien inférieur (correspondant à la limite Pennsylvanien moyen à supérieur de la nomenclature internationale). La puissance de la série atteint 800 mètres d'épaisseur et forme la couverture d'un petit massif cristallin. On y trouve de bas en haut :

- l'assise de La Faurie discordante sur le socle et attribuée au sommet du Westphalien D (Moscovien) ou à la base du Stéphanien A (Kasimovien),
- des conglomérats qui atteignent plus de 200 mètres d'épaisseur,
- des grès et schistes abritant les six couches de charbon dont la Grande Couche, d'une épaisseur de 10 à 12 mètres est la seule exploitable. Elle abrite une flore à *Pecopteris lamurensis* et une faune à *Esteria cebennensis* caractéristiques du Stéphanien inférieur (Kasimovien). Une formation stérile achève la série (Barféty et al., 1989).

- **Histoire de l'exploitation**

Les premières traces écrites faisant mention de mines sur le plateau Matheysin datent du XIIIe siècle. A cette époque, et jusqu'au XIXe siècle, l'exploitation est paysanne et assure

principalement les besoins domestiques. Toutefois, certains font métier de cette extraction du charbon de pierre pour les besoins du Comte de Lesdiguières qui les rémunère 3 sols le quintal. Mais l'extraction est anarchique et la plupart des gisements abandonnés sans avoir été épuisés. Une grande partie de cette production sert à alimenter les forges des cloutiers situés à La Mure et jusqu'à Mens mais aussi à la fabrication de la chaux nécessaire à la construction des remparts de Grenoble. Napoléon nationalise les concessions minières et par la loi du 21 avril 1810 définit les modalités de concession et établit les redevances à verser à l'Etat ainsi qu'au propriétaire terrien. Le sieur Jules Giroud obtient en 1806 la concession de la Grande Draye, berceau de la prospérité future du bassin. Entre 1833 et 1853, 800 000 tonnes d'anthracite ont été extraites du plateau. Puis, on observe, comme dans les autres bassins miniers français, un regroupement, qui permet de concentrer les droits et les capitaux et de faire entrer l'exploitation minière dans une ère industrielle, que vient couronner la construction de la ligne de chemin de fer, *La Mure-St-Georges* résolvant les problèmes de transport. La Compagnie des mines d'anthracite de la Mure est alors créée. La production atteint rapidement 350 000 tonnes par an soit près de 80% de la production alpine, l'extraction se faisant aussi dans l'Oisans et le Briançonnais, mais seulement 7 % de l'ensemble de la production française. Le bassin emploie, en 1940, 2500 mineurs (Angelier, 1940). En 1946 a lieu la nationalisation des Mines de La Mure qui deviennent "Les Houillères du bassin du Dauphiné". Au plus fort de la production, dans les années soixante, 800 000 tonnes étaient extraites par plus de 3500 mineurs, ce qui ne représentait plus toutefois que moins de 1 % de la production française. La production s'arrêta en 1997 et les Houillères fermèrent définitivement en 2000. 40 Mt d'anthracite de bonne qualité ont été extrait de ce gisement au cours de son exploitation (Bornuat, 2009).

Figure 3.6 : Chevalement de la Motte d'Aveillans

- **La mine image**

D'anciens mineurs soucieux de ne pas voir disparaître le passé minier du plateau Matheysin sont à l'origine de ce projet. En 1986, l'association pour la sauvegarde et la mise en valeur du patrimoine mottois voit le jour. Elle a pour projet la création d'un musée au lieu-dit des « 4 cheminées », à La Motte-d'Aveillans (Figure 3.6). Un bâtiment est rénové pour présenter différents aspects de la vie des mineurs. 250 mètres de galeries sont dégagés, consolidés et aménagés pour la visite. Le musée ouvre ses portes en 1995 et attire depuis environ 17 000 visiteurs par an. Un projet d'extension est en cours, d'un coût de 1,3 million d'euros. Il devrait être en partie financé par le Pôle d'Excellence Rurale, Tourisme et Patrimoine en Beaumont et Matheysine.

8.3.4 Les fours à quartz, richesse minérale des massifs cristallins (n° 50, 73, 79, 178, 196, 197)

Il existe de nombreux sites cristallographiques au cœur des Alpes. La plupart sont situés dans des massifs cristallins dont la mise en place est liée à l'orogène varisque. Christoph Bernouilli (1782-1863) naturaliste bernois avait déjà associé ces cristallisations exceptionnelles aux « terrains primitifs » dans son ouvrage de 1811 : « Geognostiche Uebersicht der Schweiz » (Description géognosique de la Suisse) (Auf der Maur, 1987).

- **Origine géologique**

Les fentes à cristaux se rencontrent aussi bien dans le granite que dans les roches métamorphiques qui l'accompagnent. Les plutons varisques ont subi lors de l'orogenèse alpine, un métamorphisme associé à une hydratation responsable de la rétromorphose d'un certain

nombre des minéralisations paléozoïques (Poty, 1999). Le faible métamorphisme qui caractérise les massifs cristallins externe n'a pas dépassé 350°C et 3,5 kb (Rossi, 2005). Des mesures radiométriques ont permis d'établir différents âge d'apparition des fentes alpines et de croissance des minéraux qui y sont associés, la fourchette se situant entre 22 et 10 Ma (Potty, 2009). Des datations U-Pb, Th-Pb de monazite hydrothermale dans des veines de quartz du massif de la Lauzière, au nord de Belledonne et Ar/Ar sur des adulaires des mêmes veines ont permis de préciser l'âge des derniers évènements tectono-métamorphiques alpins dans les massifs cristallins externes (MCE) des Alpes (Gasquet *et al*, 2009). Deux âges ont pu être déterminés : autour de 15-12 Ma correspondant à une phase tectonique en compression et 11-5 Ma correspondant à une décrochement dextre contemporain de la crise messinienne.

Le quartz est bien sûr le cristal emblématique de ces fours, il en existe de nombreuses variétés dont certaines sont propres au massif où on les découvre. Ainsi le quartz de la Gardette qui provient des mines d'or éponymes situées sur la commune de Villard Notre Dame, à 5 km de Bourg d'Oisans, à 1290 m d'altitude. Il présente une macle particulière, l'association orientée de deux ou plusieurs cristaux identiques, dits individus, reliés par un angle de 84°33'. Les quartz non maclés de la Gardette ont été utilisés pour la confection des lustres du château de Versailles (Périgois, 2006). Les quartz en peigne ou quartz Gwindel des cristalliers suisses, présentent la particularité d'avoir subi des torsions successives lors de leur croissance. Ils sont particulièrement abondant dans le massif de l'Aar ou du Gothard.

Parfois c'est la présence d'impuretés ou d'un apport d'énergie qui confère aux cristaux de quartz une coloration particulière recherchée par les collectionneurs. La présence de fer donne sa couleur violette aux améthystes, quelques atomes d'aluminium en substitution à la silice donnent après irradiation par des rayons gamma, la couleur fumée de certains quartz très recherchés du massif, qui peuvent atteindre la couleur noire si l'énergie reçue a été importante. Toutefois cette coloration n'est stable qu'au-dessous de 200°C ce qui implique que la plupart de ces couleurs ont été acquises il y a moins de 10 millions d'années (Poty, 2007).

- **Histoire des cristalliers**

Présents dans tous les pays alpins, les cristalliers ont tout d'abord été des paysans chasseurs qui parcouraient les montagnes comme Jacques Balmat (1762-1834). En 1786, dans son ouvrage « *Voyage dans les Alpes* », Horace Benedict de Saussure décrit minutieusement le travail de ces chercheurs de cristaux. De l'autre côté des Alpes, en Suisse, les cristalliers s'organisent en sociétés comme celle de Zinggen qui regroupe les chercheurs de cristaux de la petite commune de Guttanen. Il faut dire que parfois les découvertes sont de très grande ampleur nécessitant le travail de communautés d'hommes afin de dégager, et surtout transporter les cristaux. Ainsi, au début du XVIIIe siècle dans la vallée de Göschener, au cœur du canton d'Uri, un four particulièrement important est découvert. Son exploitation nécessite le creusement d'une cavité de presque 100 m de profondeur appelée désormais la grotte de Sandbalm. La production de ce four a été estimée à plus de 100 tonnes. En 1733, les cristalliers reconnaissant édifiaient la petite chapelle de Göscheneralp. A l'origine, les cristaux étaient ensuite taillés et transformés en divers objets prestigieux. Les premiers à avoir été conservés en tant qu'échantillons de sciences naturelles sont les quartz morions, de couleur noire, trouvés autour du glacier de Tiefen. Ce sont ensuite les guides qui ont pris la relève avant que, aujourd'hui, cette occupation ne devienne parfois l'activité principale, et rémunératrice, de quelques uns (cf affaire des cristalliers dans la première partie).

- **La mise en tourisme des collections et des fours à cristaux.**

Différentes offres touristiques permettent de découvrir ce monde du cristal. Des collections privées d'« amateurs » avertis comme celle du cristallier Ersnt Ruffibach exposée dans son musée de Guttanen dans le canton de Berne et qui présente de nombreuses pièces du massif de l'Aar. Des musées de site permettant d'admirer des fours *in situ* comme dans la galerie de la centrale hydroélectrique de Grimsel Oberaar sur la route du col de Grimsel qui présente à travers trois ouvertures vitrées, une fissure découverte le 4 octobre 1974, longue de 11 mètres entièrement tapissée de cristaux de quartz. La grotte de Sandbalm, déjà citée plus haut, car

visitée en 1796 par De Saussure, est toujours une destination d'excursion, même s'il ne reste plus aucune trace des cristaux qu'elle a pu renfermer. Le sentier d'interprétation « Grims – Kristall – Schatzweg » qui part du col de Grimsel en direction de Handegg, le long de la vallée du Hasli, destiné aux plus jeunes, qui décrit les principaux cristaux de la région. Enfin, des collections de dimensions plus importantes appartenant à des musées publics comme la collection d'Emile Gueymard (1788-1869) que l'on peut observer au Muséum d'Histoire naturelle de Grenoble et qui intègre certaines des plus belles pièces issues des mines de La Gardette, ou celles du musée cantonal d'histoire naturelle de Sion qui abrite les collections de Bernhard Studer (1794-1887), premier professeur de minéralogie de l'Université de Berne ou bien celle de Heinrich Gerlach (1822-1871) qui renferme des minéraux trouvés dans les mines du Valais, dont celles du Mont Chemin. La fondation Tissières à Martigny expose une importante collection privée dans le cadre d'une structure qui tente de développer des partenariats publics/privés afin de contribuer au développement de la recherche autour du patrimoine géologique.

Le musée des cristaux de Chamonix présente un partenariat original puisque le Club de minéralogie de Chamonix s'est associé à la municipalité afin que la collection du club constituée grâce aux achats réalisés avec les bénéfices de la bourse aux minéraux annuelle soit conservée et mise en valeur dans la vallée. Les pourparlers entamés avec les autorités locales en 1980, ont abouti en 2004 à une convention de partenariat qui stipule que la municipalité prend en charge l'aménagement et la gestion du site dans l'espace Pierre Tairraz au cœur de la ville alors que le Club aidé par un comité scientifique élabore la muséographie et le parcours au sein du musée (Figure 3.7). Les pièces appartenant à la mairie sont inscrites à l'inventaire du Musée alpin classé « Musée de France » ce qui en garantit la pérennité. Le projet a été élaboré dans le cadre du programme Réseaux d'Itinéraires Touristiques Transfrontalier (RITT), un programme Interreg IIIA Alcotra dont le montant total s'élevait à 3 millions d'euros.

Figure 3.7 : Musée des cristaux de Chamonix

La minéralogie, une fois dépassé le plaisir esthétique déclenché par ces cristaux dont la perfection suscite l'admiration, reste une discipline difficile à médiatiser. Le parti pris de présenter les objets par famille minéralogique ou cristallographique satisfait le respect d'une classification établie depuis longtemps. Ce type d'exposition ressemble à celles qui autrefois présentaient les êtres vivants naturalisés en suivant l'ordre des taxons Aujourd'hui de nouvelles logiques sont apparues pour ces mêmes collections : présentation par écosystème, par continent, voire dans une démarche évolutive permettant ainsi de mettre l'accent davantage sur la fonction occupée par ces êtres vivants. Appliquées aux cristaux, ces nouvelles tendances expliquent que le musée de Chamonix, outre une présentation qui joue sur l'esthétique des objets, ait tenté de replacer chacun des cristaux ou des familles auxquelles ils appartiennent en respectant leur répartition dans les Alpes, qui est contrôlée par l'environnement physico-chimique qui a prévalu au moment de leur création. Ces conditions environnementales correspondent à quatre grandes zones de fluides : la zone à hydrocarbures, les zones à eau et la zone à dioxyde de carbone. Ce parti pris, s'il respecte davantage l'objet en tant que révélateur de milieu, est cependant difficilement accessible au plus grand public.

8.3.5 Récapitulation

Les sites géologiques d'âge paléozoïque, valorisés à des fins touristiques dans des Alpes externes, illustrent principalement l'usage que l'homme a pu faire des gisements miniers, minéralogiques ou énergétiques abondant dans ces terrains. Ainsi, le sentier des graniteurs, sur la commune de Combloux, donne à parcourir les anciennes carrières qui au XIXe siècle exploitaient les plus importants blocs erratiques de granite du Mont-Blanc. Il n'est cependant que très peu fait référence à l'origine antéalpine de ces granites, l'histoire liée à leur exploitation étant le thème principal du parcours (Burnier, 2008). Il est regrettable que parfois le parti pris historique occulte les aspects géologiques qui sous-tendent l'exploitation passée d'une ressource naturelle. Cela tient bien sûr aux champs de compétences des personnes à l'initiative du projet et illustre l'importance que donnent les historiens aux patrimoines, leur souci de ne pas le voir perdre mais souligne aussi le manque d'approches transdisciplinaires. Celles-ci sont pourtant sources d'un enrichissement mutuel et de nombreuses recherches menées au sein d'équipes où géologues et archéologues travaillent ensemble ont déjà dévoilé d'intéressants résultats. Par exemple, le pic Romain du plomb enregistré dans les sédiments du lac d'Anterne montre une anomalie bien supérieure à celle constatée dans d'autres sites européens et attribuée classiquement à la seule exploitation de la mine de Rio Tinto en Espagne. Dans le cas de la vallée de l'Arve, les découvertes archéologiques, soulignent l'importance de la cité antique de Passy. Le développement de cette cité pourrait être expliquée par l'existence d'un site d'extraction minière qui expliquerait aussi, du même coup, l'important pic de plomb observé (Arnaud, 2006).

8.4 Le domaine interne

Le Paléozoïque qui affleure actuellement au cœur des zones internes est constitué d'éléments qu'il est difficile de replacer dans un contexte paléogéographique clairement identifié. La plupart des unités qui constituent cette zone : domaine valaisan ou sub-briançonnais, briançonnais, piémontais et liguro-piémontais ne prennent, en effet, leur réelle existence qu'au cours du Mésozoïque. Le socle de ce domaine pennique appartenait à la marge du continent européen principalement représentée par des massifs cristallins qui ont été bien plus affectés que leurs homologues des zones externes par le métamorphisme alpin. On distingue les massifs de Dora-Maira, du Grand-Paradis, du Mont-Rose, de la Suretta et de Margna qui correspondent au socle de la zone piémontaise, les massifs d'Ambin, du Grand-St-Bernard et de Tambo pour la zone briançonnaise, enfin, les massifs simplo-tessinois et l'Adula pour la zone valaisanne. Seule la zone briançonnaise possède une couverture sédimentaire correspondant à la zone houillère que l'on peut suivre de Briançon au Val d'Aoste.
L'histoire géologique de ce domaine interne peut être découverte à travers plusieurs géosites touristiques qui là encore s'appuient sur l'exploitation de ressources minérales, minières et énergétiques qui ont façonné l'histoire de plusieurs hautes vallées alpine.

8.4.1 Le houiller briançonnais (n° 29, 30)

Limitées à la vallée de la Guisane ainsi qu'à quelques kilomètres en aval de la ville de Briançon, dans la vallée de la Durance, de nombreuses mines paysannes ont alimenté en un combustible de piètre qualité les foyers de la région durant plusieurs siècles.

- **Origine du gisement**

La zone briançonnaise présente une importante série de terrains silicoclastiques d'âge namurien-westphalien A à werfénien (Mississipien supérieur à Pennsylvanien de la nomenclature internationale). Le houiller est inclus dans des terrains détritiques plus ou moins grossiers que l'on peut séparer en trois formations : la formation de Cristol, la formation du Chardonnet qui abrite la totalité des terrains productifs de la région et la formation du Rocher du Loup. La Formation du Chardonnet a livré une flore importante et l'étude sédimentologique des gisements a permis de reconstituer la paléogéographie de la région : en particulier

l'évolution au Westphalien (Pennsylvanien) depuis une sédimentation franchement fluviatile à des dépôts plus lacustres trahissant la présence d'une plaine alluviale subsidente (Barféty et al, 1995).

Des troncs, en position de vie (Figure 3.8), d'autres, interstratifiés, peuvent être observés dans les terrains détritiques qui encadrent le houiller (Lestournelle, 2007). L'analyse de la répartition de leur orientation montre qu'à l'époque, les rivières se dirigeaient vers le nord actuel.

Figure 3.8 : Tronc en «position de vie»

- **Histoire de l'exploitation**

L'activité minière dans la région de Briançon prend ses racines au début du XVIIIe siècle, favorisée par la transformation de la ville en place forte frontalière à la suite du traité d'Utrecht. Le charbon de terre est alors exploité dans le but de produire la chaux nécessaire à la construction des forts puis au chauffage de ces derniers. L'exploitation se développe ensuite en raison de l'importante disparition des forêts et des interdictions d'exploitation qui en ont découlé au cours du XIXe siècle. Dans un premier temps, l'activité minière est le fait principalement de paysans-mineurs.

Les méthodes d'exploitation sont rudimentaires, les galeries étant creusées à partir d'indices de surface. L'extraction est essentiellement une activité hivernale qui correspond à la période où les besoins énergétiques sont les plus importants et où les paysans sont libérés des travaux des champs. L'anthracite extraite ici est de piètre qualité et le plus souvent à l'état de poussière qui doit être modelée en boulet ce qui était fait à l'usine de la Tour près de Briançon. L'exploitation restera donc longtemps au stade artisanal. Une activité industrielle a cependant existé, exploitant les gisements proches des voies de communication. Ainsi, la société des Charbonnages et Electricité du Sud-Est (CH.ELE.S.E.) a ouvert sa première concession en 1824 et les derniers travaux ont eu lieu en 1963. Les mines de la Benoîte, de Pierre-Grosse, du Freyssinet ainsi que celle de la Combarine ont alors connu des périodes florissantes lors des temps de crise. En 1917, la production du bassin atteignait 507 000 tonnes par an. Au total 48 concessions d'anthracite ont été accordées par l'Etat sur les communes de Briançon, Serre Chevalier, Névache, Saint Martin de Queyrières, Champcella, Puy-Saint-Pierre, Puy-Saint-André, Saint-Crépin (Tornatore, 2000).

- **La société géologique et minière du briançonnais**

C'est dans le cadre d'un projet scolaire sur « la pierre et l'homme » qu'un enseignant de Sciences de la Vie et de la Terre, monsieur Lestournelle découvre l'intérêt du patrimoine minier de Briançon et de sa région. En 1989, l'Association Géologique et Minière du Briançonnais est créée et entreprend, avec l'aide du groupement spéléologique de Briançon, la recherche sur le terrain des traces visibles du patrimoine minier mais aussi la collecte des témoignages des derniers mineurs et mineur- paysans.

La même année, un musée est ouvert, à Briançon, au cœur de l'ancienne poudrière de la citadelle Vauban. L'année suivante, un Syndicat Intercommunal à Vocation Unique sur le thème du patrimoine minier est constitué. Il réunit les communes de Puy St-André, Puy St-Pierre et Villard St-Pancrace. Mais parallèlement à cet engagement local, le BRGM et la DRIRE s'inquiètent des risques inhérents à l'existence de toutes ces galeries accessibles à tous. La concertation engagée alors ne permettra de conserver que la mine des Eduits, sur la commune de St-Chaffrey, ainsi qu'une galerie à Villard St-Pancrace et deux galeries à la Roche Pesa. Les travaux de mise en sécurité effectués entre 1996 et 2000 vont concerner une vingtaine des 48 concessions historiques. Au cours de la saison estivale, il est possible de visiter les mines paysannes de Villard St-Pancrace.

8.4.2 Les ressources minières et minérales du massif de Dora Maira

Les roches étudiées ici proviennent de formations paléozoïques, dolomies carbonifères pour le talc et sédiments volcano-détritiques permiens pour la pierre de Luserne. Les circulations hydrothermales et le métamorphisme liés aux orogenèses varisque et alpine ont permis leur transformation en ressources exploitables.

La mine de talc de Scopriminiera (n° 94)

- **Origine du gisement**

Le gisement de talc exploité dans le Val Germanasca ainsi que le Val Chisone se présente sous la forme d'un dépôt stratiforme d'environ 2 km^2 sur 1 à 3 mètres d'épaisseur. Il est inclus dans les micaschistes du complexe supérieur de Dora-Maira (Ferrini, 1991). Des apports hydrothermaux ont permis la formation de ce phyllosilicate au cours de l'orogenèse varisque, il y a environ 345 millions d'années suivant la réaction:
Dolomie (3 Ca Mg $(CO_3)_2$ + Quartz (4 SiO_2) + H_2O =) Talc ($Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$ + Calcite (3 Ca CO_3) + 3 CO_2. Cette réaction s'effectue vers 500°C sous une pression de 1 à 3 kb.

- **Histoire de l'exploitation**

La production de talc dans le Val Germanasque est citée pour la première fois au 17e siècle. L'exploitation resta longtemps artisanale mais avec la loi sarde de 1859, le talc devint un minéral de classe II, la classe I étant celle des minerais métallifères et les mines désormais propriétés de l'Etat furent soumises à concession. Ce minéral, inerte, non abrasif et qui supporte parfaitement de grandes variations de températures est utilisé principalement dans l'industrie chimique, pharmaceutique et cosmétique.
En 1907, la société des talcs et graphites du Val Chisone est créée. De nouvelles galeries sont ouvertes, ainsi, sur le site de Fontane il en existe 4 niveaux. Les mines ont employé plusieurs milliers de personnes dans la vallée puis, avec la mécanisation il ne resta qu'environ 600 employés pour une production annuelle toujours maintenue à environ 42 000 t. La société est rachetée par les talcs de Luzenac en 1990. C'est désormais le groupe Rio Tinto Minerals, troisième groupe minier au monde qui détient l'exploitation. Les galeries actuellement en exploitation de plus grandes dimensions, permettent une exploitation mécanisée (Rostagno, 2006).

- **Scopriminiera, un complexe touristique minier**

Le projet est né en 1993, à l'initiative de la Communauté de montagne du Val Chisone et Germanasque, en partenariat avec la communauté de communes du Briançonnais français frontalier dans le cadre d'un programme Interreg ayant permis la création de l'écomusée et l'aménagement touristique de la mine Paola côté italien ainsi que le développement du site de l'Argentière côté français. Une société privée, La Tuno a été créée afin de gérer le complexe touristique. Son capital est détenu à 52 % par la Communauté de montagne. Le site appartient au réseau du patrimoine minier européen (MINET).

Figure 3.9 : Visite de la mine Giana

Un second projet Interreg a permis l'extension de la visite des galeries à la mine Gianna. Cette galerie nécessitait d'importants travaux de confortation ainsi que la création du sentier des mineurs qui propose lorsque l'on sort de la galerie Gianna, de regagner le site de départ par un sentier dans la montagne. Enfin, un projet est en cours afin de développer l'aspect géologique dans l'offre touristique principalement axée actuellement sur l'exploitation minière et la vie des ouvriers (Figure 3.9).

La pierre de Luserne (n° 95)

Ce gneiss est l'une des principales roches d'ornements exploitée dans le Piémont.

- **Origine du gisement**

La pierre de Luserne est un gneiss micro-oeillé qui provient du métamorphisme d'âge alpin du massif cristallin interne de Dora-Maira, tardi-hercynien, comme les massifs cristallins externes. Ces gneiss appartiennent à la formation de Dronero, ensemble attribué au Permien, constitué de volcanites acides et de sédiments volcano-détritiques. Les plans de foliation est-ouest de ces roches, qui facilitent leur taille en grande dalles recoupent l'ancienne stratification.

- **Histoire de l'exploitation**

La pierre de Luserne représente une des ressources économiques majeure du Val Pellice avec près de 300 000 tonnes extraites chaque année dans plus de 115 carrières distribuées entre les communes de Bagnolo Piemonte, Rorà et Luserna San Giovanni.

Les plus anciennes traces de l'activité extractive datent de la seconde moitié du XIVe siècle mais l'usage de la pierre était alors très local. C'est en 1882, avec l'arrivée du chemin de fer à Luserna San Giovanni que la production prit véritablement son essor. Après une phase de repli en relation avec les deux conflits mondiaux, celle-ci a progressivement regagné de l'importance depuis les années 1950 (Alciati, 2007).

Figure 3.10 : Dôme du Môle Antonionelliana à Turin, en pierre de Luserne.

C'est la pierre emblématique de la construction à Turin. L'un des monuments qui la met le plus en valeur est certainement le Môle Antonelliana (Figure 3.10) réalisé par Allessandro Antonelli entre 1862 et 1889 et qui abrite désormais le musée du cinéma. Elle a aussi été largement employée par l'architecte Gabetti particulièrement aux alentours de la zone d'extraction.

- **L'écomusée de Rorà et la carrière de Tupinet**

L'écomusée de la pierre de Rorà comprend un espace muséographique situé dans une ancienne maison Walser au cœur du village ainsi qu'un sentier d'interprétation dans la carrière de Tupinet, proche de celui-ci et typique des modes d'exploitation du XIXe siècle. La Communauté de montagne du Val Pellice, dans le cadre d'un programme Interreg II a mis en place cette nouvelle offre géotouristique qui est aussi à l'origine de la création de l'Institut Européen dédié à la pierre, à son passé et à son futur.

Parallèlement, un programme de recherche PRIN sur les techniques de construction historiques, financé par le Ministère de l'Instruction, de l'Université et de la Recherche a permis à l'équipe de Liliana Bazzanella du politechnico de Turin d'étudier l'histoire des techniques d'exploitation et de développer le parcours de visite de l'ancienne carrière de Tupinet. Celui-ci propose de découvrir les différents postes de travail des carriers pour finir par un belvédère qui donne une vision générale du site. Un « itinéraire du paysage » conduit à la carrière de Mugniva à 5 kilomètres et fait le lien entre l'exploitation passée et actuelle de la pierre de Luserne (Bazzanella, 2004).

8.4.3 Les épidotes de l'Untersulzbachtal dans le massif des Hohe Tauern (n° 297, 308, 309)

La fenêtre des Hohe Tauern laisse entrevoir le socle paléozoïque du continent européen fortement métamorphisé, et dans lequel plus de 200 minéraux différents ont été identifiés. Au cœur de ce socle s'ouvre la vallée de l'Untersulzbachtal particulièrement renommée pour ses différentes ressources minières dont plusieurs gisements de pierre semi-précieuse.

- **Origine géologique**

Le gisement d'épidote du Knappenwand, tout comme la mine de cuivre de Hochfeld toute proche appartiennent à la formation de Habach, qui occupe l'extrémité nord-ouest de la fenêtre des Hohe Tauern. C'est une série d'une épaisseur de 500 à 700 m composée d'une succession de roches métamorphiques issues de roches volcaniques acides à basiques entrecoupées de sédiments datant du paléozoïque inférieur. Deux phases métamorphiques se sont succédées, une première attribuée à l'orogenèse varisque et la seconde à l'orogenèse alpine qui a atteint les faciès schistes verts à épidote-amphibolites et donne ici des gneiss riches en albite (Seeman, 1989).

- **Histoire de l'exploitation**

Le gisement se trouve à 1200 m. Il a été découvert en 1865 par Alois Wurmitsch, guide et collectionneur de minéraux. Une exploitation pour la recherche et la vente des plus belles pièces débute en 1869 et fournit les plus beaux exemplaires du Muséum d'histoire naturelle de Vienne. Entre 1948 et 1956, l'exploitation reprend avec des techniques nouvelles mais l'administration fédérale autrichienne des forêts suspend celle-ci en 1957. Il faut attendre les années 70 pour que le Muséum d'histoire naturelle et l'administration forestière entament des négociations afin que soient délivrés des permis d'exploitation. Les recherches se poursuivent alors et la galerie est élargie et aménagée. Au début des années 2000, la responsabilité du Knappenwand revient à la municipalité de Neukirchen sous mandat de l'Etat. Un partenariat est établi entre le propriétaire du site : l'Etat, le responsable : la municipalité ainsi que des scientifiques (prof. Friedrich Koller du Muséum de Vienne et Robert Seeman). La mine est désormais ouverte quelques mois dans l'année afin d'en extraire de nouvelles géodes. Les plus belles sont toujours réservées pour le Muséum, les autres partent à la vente et ainsi financent le chantier chaque année.

- **Le géotourisme de la vallée de l'Untersulzbach**

Le sentier d'interprétation « Knappenweg Untersulzbachtal », permet de découvrir plusieurs sites présentant un intérêt géologique. La mine de cuivre de Hochfeld qui a fermé ses portes en 1954, exploitait un gisement de chalcopyrite. Près de 25 tonnes de cuivre étaient extraites chaque année, à partir d'un minerai à 5 %. Au cours du temps, plus de 4000 m de galeries ont été creusées sur 5 niveaux dont une galerie d'exhaure de 400 m de long par laquelle commence la visite de la mine. Le sentier, se poursuivant, atteint ensuite le lieu d'extraction des Epidotes, qui n'est cependant pas lui, ouvert au public. Enfin, beaucoup plus haut dans la montagne il est possible d'accéder à des sites ou des émeraudes ont été découvertes. Mais il est plus raisonnable d'aller les observer dans l'écomusée situé dans la vallée, à Bramberg.

8.4.4 Récapitulation (n°191)

Là encore, ce sont principalement des sites liés à l'exploitation de ressources minérales qui ont été mis en valeur. Dans la vallée de Binn, l'offre géotouristique s'appuie sur une forme d'exploitation particulière du patrimoine géologique. La mine de Lengenbach, qui s'ouvre dans les dolomies triasiques présente des minéralisations exceptionnelles, qui sont étudiées par des scientifiques de l'Université de Berne et de Bâle mais aussi exploitées par des amateurs qui peuvent extraire, moyennant un « droit d'entrée », les pièces qu'ils y découvrent. A partir du village Binn, où le commerce des cristaux est florissant, un sentier a été aménagé jusqu'à la mine. Le **géorama de Binntal** est un jardin

Figure 3.11 Une station du Géorama de Binntal

de pierre composé de 9 stations dont plusieurs présentent des roches du socle (Figure 3.11).

8.5 Le Sud et l'Austro alpin

Dans cette partie des Alpes, les traces du Paléozoïque sont particulièrement développées :

La séparation de micro-plaques au passage du cambro-ordovicien, il y a 500 millions d'années, se retrouve dans la présence d'un plancher océanique fortement métamorphisé au cœur du massif des Hohe Tauern.

Les Alpes de l'Ötztal dévoilent un cycle orogénique ordovicien marqué par des intrusions granitiques datées de 490 millions d'années. Il y a 460 millions d'années, les porphyroides de Blasseneck témoignent d'un important épisode volcanique felsique que l'on retrouve dans la zone des grauwackes au nord de l'Autriche.

De l'Ordovicien au Dévonien, l'ouverture de l'océan Rhéique entraîne la migration de la Pangée et des micro-continents qui la bordent vers des zones plus tropicales et conduit à l'installation, sur ses marges, de récifs coralliens et de stromatolites qui forment les importants massifs calcaires constitutifs des Alpes carniques actuelles.

Les premières traces de subduction apparaissent il y a 360 millions d'années et correspondent aux éclogites de l'Ötztal. L'orogenèse varisque laisse des traces là aussi sous la forme d'intrusions magmatiques qui seront ensuite elles aussi fortement reprises à l'Alpin.

Le passage du Permien au Trias est enregistré au cœur des sédiments marins constitutifs de la nappe des Alpes calcaires du nord.

Des ressources minières et minérales, témoins de cette époque, ont été ou sont exploitées comme dans les mines de Schwaz, dans le Tyrol, et les carrières de pierres ornementales de la région de Verbania-Ossola, en Lombardie. Ces deux sites font l'objet désormais d'une mise en valeur touristique. Un géoparc est sur le point de voir le jour dans les Alpes carniques sur l'histoire géologique anté-alpine de la région. Enfin, deux gorges entaillant des terrains qui ont enregistré la limite permo-triasique sont aussi des sites géotouristiques majeurs de cette région des Alpes.

8.5.1 Le paléozoïque des Alpes carniques (n° 329, 330, 331,332, 333)

Les Alpes carniques ainsi que la chaîne des Karawanken s'étendent au sud du linéament périadriatique, particulièrement souligné dans la région par l'entaille de la vallée du Gail.

- **Contexte géologique**

Les sommets calcaires retracent ici une histoire qui débute à l'Ordovicien et s'achève au Trias. Les premiers fossiles ordoviciens ont été découverts par Edouard Suess dans la vallée de l'Uggwa, dans la chaîne des Karawanken au milieu du XIXe siècle. Les travaux en particulier de Franz Heritsch avant les synthèses effectuées ces dernières années par Hans Peter Schönlaub ont permis de reconstituer l'histoire de la région.

Elle commence à l'Ordovicien, par une sédimentation pélitique à laquelle font suite deux épisodes volcaniques : le premier lié au rifting de la marge nord du Gondwana est suivi par la collision avec un terrane situé plus au Nord. La période s'achève par un refroidissement généralisé marquant le début d'une période glaciaire enregistrée dans deux formations, le faciès de Wolayer, calcaire détritique ayant subi une karstification lors de son émersion provoquée par la baisse du niveau marin et la formation d'Uggwa caractéristique d'une mer plus profonde (Schönlaub, 1998).

Au Silurien, la présence de coraux et de stromatolites témoignent de la migration vers le nord et d'une position autour de 35 ° sud des futures Alpes carniques.

Au Dévonien, des contrastes importants apparaissent entre des plates-formes récifales au sein desquelles se développent des crinoïdes et des bassins adjacents, beaucoup plus profonds où évoluent des nautiloïdes. Au Dévonien supérieur, la limite Frasnien-Faménnien garde les traces de l'importante crise biologique qui la caractérise. En effet, il y a environ 375 Ma, 21 % des familles, 50 % des genres et 82 % des espèces marines se sont éteintes. Cet événement est

marqué par deux strates noires, riche en matière organique, appelés horizons Kellwasser enregistrés, au sein des Alpes carniques, dans le profil du Wolayer Gletscher. L'horizon inférieur est attribué à une hausse de la productivité primaire qui aurait induit une eutrophisation des eaux superficielles. Cette hausse aurait été la conséquence d'une hausse de l'altération chimique continentale, liée à l'apparition des plantes vasculaires altérant de façon plus profonde les sols par l'action de leurs racines ainsi qu'à la mise en place de la chaîne éovarisque. Le second horizon plus récent serait la conséquence d'une stratification des eaux profondes en relation avec les modifications des courants marins liés au confinement tectonique (Riquier, 2005).

- **Le projet de géoparc des Alpes carniques**

Cinq sentiers d'interprétation illustrent les différents aspects de l'histoire géologique des Alpes carniques : les sentiers du Plöckenpass, des gorges de Karnitzenk, du Wolayersee, de Zollnersee et enfin celui de Nassfeld. Chaque itinéraire est équipé de panneaux d'interprétation expliquant la géologie des terrains paléozoïques exposés (Figure 3.12) (Schönlaub, 1991).
Depuis peu, 7 communes se sont regroupées afin de monter un projet de géoparc. Un centre d'interprétation sur la géologie de la région doit voir le jour dans le village de Dellach. 600 000 euros y seront investis dont la moitié provenant de fonds européens. L'offre est désormais structurée (http://www.geopark-karnische-alpen.at) et devrait bientôt permettre à ce territoire de rejoindre le réseau européen.

Figure 3.12 : le sentier du Wolayersee, un élément du futur géoparc des Alpes carniques

8.5.2 Les mines d'argent de Schwaz (n° 284)

Dans la vallée de l'Inn, au cœur du Tyrol et à proximité de la capitale régionale Innsbrück, les traces de l'activité minière sont encore bien visibles dans le paysage mais aussi dans l'urbanisme cossu de la petite ville de Schwaz. Cette cité a longtemps été le centre économique majeur du pays tout entier en raison de la présence des mines d'argent.

- **Origine géologique**

Le minerai exploité à Schwaz contient 35 à 41 % de cuivre et 0,3 à 0,85 % d'argent. Cette teneur en argent peut sembler faible mais aujourd'hui encore, dans certaines conditions, des teneurs de 80 grammes par tonne peuvent être exploitées. Par ailleurs, l'extension du gisement sur plus de 20 km en a fait le plus important centre d'exploitation d'Europe entre le XVe et le XVIe siècle. Le minerai est un cuivre gris, appelé Tennantite de composition $(Cu, Fe)_{12}\ As_4\ S_{13}$. Chauffé à la flamme, il dégage une odeur d'ail liée à la présence d'arsenic. Ce gisement est de type Mississipi Valley. Ces minéralisations hydrothermales sont stratifiées dans des formations carbonatées. Les gisements se présentent souvent comme des remplissages sous la forme de brèches dans des failles ou des formations karstiques. Ici, il imprègne la Schwaz dolomie, vaste plateforme carbonatée d'âge Dévonien appartenant à la zone des grauwackes, socle de la série des alpes calcaires du Nord.

- **Histoire de l'exploitation**

Même si des traces très anciennes d'exploitation sont attestées, c'est au XVe siècle que Schwaz prend son véritable essor (Figure 3.13) . L'extraction est alors conduite par de nombreux mineurs indépendants. Face à l'augmentation des besoins importants dans toute

l'Europe en raison du développement de l'artillerie et pour répondre à la concurrence des nouveaux gisements découverts en Amérique il devient nécessaire d'améliorer la productivité de l'exploitation. Celle-ci se rationalise sous la direction de la famille Fugger.
Au XVIe siècle, à l'apogée de la mine, Jacob Fugger contrôle le monopole de l'exploitation du cuivre en europe. Schwaz est alors la seconde ville d'Autriche et les mines emploient plus de 9000 personnes. Des incompétences de gestion, la guerre de trente ans, des emprunts non remboursés permettent au souverain du Tyrol de reprendre la direction des mines au milieu du XVIIe siècle.

L'arrivée des mineurs italiens, qui introduisent le tir à la poudre relance la production mais, au XVIIIe siècle, c'est la fin des grandes heures du district minier.

Celui-ci est particulièrement renommé pour l'art hydraulique qui s'y développa. En effet, le percement de galeries jusqu'au dessous du niveau de la nappe de la vallée de l'Inn provoquait de continuelles infiltrations d'eau dans la mine. Afin d'y remédier, plus de 600 ouvriers travaillaient en permanence à son évacuation. A la moindre grève toute l'exploitation devait s'arrêter. En 1553, l'installation d'une roue hydraulique, merveille technique de l'époque remplaça le travail de plusieurs centaines de ces ouvriers (Palme, 1993).

Figure 3.13 : Schwazer Bergbuch - 1556

- **La mise en tourisme**

Après la fermeture des mines, le projet de les faire évoluer en un produit touristique a vu le jour et le Silberbergwerk de Schwaz a ouvert ses portes en 1990. Un parcours de 800 m en petit train conduit à l'itinéraire pédestre. Ce dernier donne à découvrir les différents postes de travail des mineurs. Le choix a été fait d'un itinéraire ludique au cours duquel le visiteur est pris à parti par un « mineur » exaspéré de ces incessants passages, arrosé par le percement d'une poche d'eau consécutive à un tir de mine et plongé dans une profonde fumée liée à ce même tir. La récente reconstitution grandeur nature de la roue hydraulique installée dans la mine en 1553, est l'un des intérêts techniques majeur de ce parcours qui attire chaque année plus de 100 000 visiteurs.

8.5.3 Les roches ornementales de la région Verbano Cusio Ossola (n° 106, 107)

Cette région du Piémont, au nord-ouest du Lac Majeur est bien connue des géologues en raison d'un affleurement de croûte continentale qui permet d'observer les zones les plus profondes de celle-ci. C'est aussi un lieu important d'extraction de pierres ornementales.

- **Origine géologique**

Le socle paléozoïque affleure dans cette zone sous la forme d'une coupe complète de la croûte continentale séparée en deux sous-unités : la série des lacs correspondant à la croûte supérieure et la série Ivrée-Verbano correspondant à la croûte inférieure.
- La zone Ivrée-Verbano est composée d'un corps mafique, le gabbro d'Anzola, exploité sous le nom de noir d'Anzola, et d'une série volcano-sédimentaire intrusive d'âge permien, la formation Kinzigitica de laquelle sont extraites les roches qui ont fait la renommée de la vallée : le marbre de Candoglia, de Ornavasso et du Val Stroma.
- La série des lacs est subdivisée en quatre sous-unités : la zone Strona-Ceneri, série de gneiss et de schistes séparée de la monotone série schisteuse des lacs par un complexe mafique à ultra-mafique. Enfin, des orthogneiss.

- Les granitoïdes permiens inférieurs : des magmas de composition mafique intermédiaire et felsique qui se sont infiltrés entre les deux croûtes lors de la phase de relaxation post-hercynienne. Ils ont donné naissance aux nombreuses roches plutoniques exploitées dans cette série des lacs. Ainsi, les plutons de Montorfano et Mottarone-Baveno sont datés à 275-283 millions d'années(Filipello, 2004).

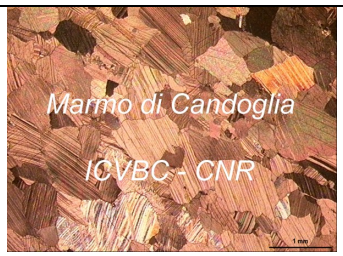
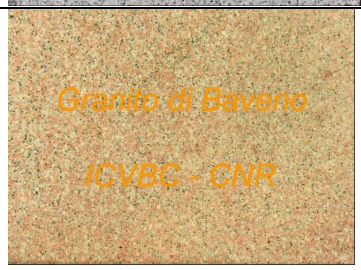
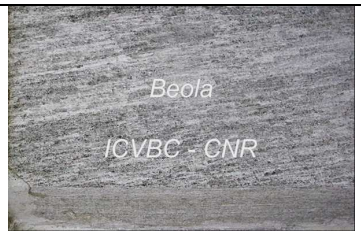
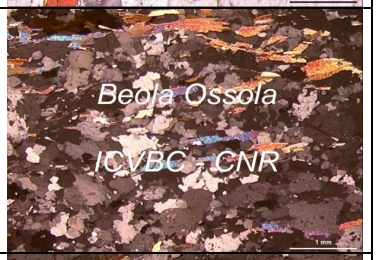
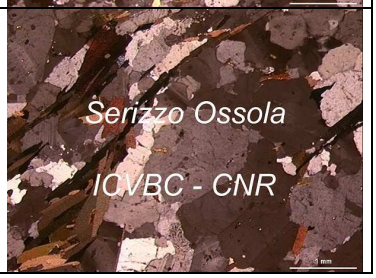
Nom de la roche	Production annuelle	Utilisation	Macrophotographie	Microphotographie
Marbre de Candoglia	23 367 t/an	Dôme de Milan		
Granite blanc de Montorfano	6 313 t/an	Porches de la ville de Turin		
Granite rose de Baveno	3 160 t/an	Palais royal de Bangkok		
Beola	34 963 t/an	Dallage de l'aéroport d'Amsterdam		
Serrizzo	187 773 t/an	Revêtements des métros de Milan, Bruxelles, Singapour		

Tableau 3.1 : Tableau comparatif des principales roches ornementales de la région (Photos tirées du site de l'Institut de la conservation et de la valorisation des bien culturels.)

- **Histoire de l'exploitation**

L'extraction des pierres ornementales, à l'origine exploitées pour le marché local, s'est considérablement développée après la seconde guerre mondiale, grâce à l'arrivée du chemin de fer. Les principales roches extraites des vallées de l'Ossola sont : les granites tardi-hercyniens de Baveno (Rose), de Montorfano (Blanc) et de Mergozzo (Vert) extraits des plutons de Mottarone et du Montorfano (Alciati, 2008b) ; les marbres paléozoïques de Candoglia et

d'Ornavasso ; les Beole et Serizzi, orthogneiss qui résultent du métamorphisme alpin de granites varisques (Alciati, 2008a) enfin les Creole, marbres dolomitiques mésozoïques de la zone pennique (Alciati, 2008c). 69 carrières sont encore en activité, elles emploient en moyenne chacune 5 à 6 personnes. Le bassin du VCO représente 60 % de la production du Piémont en pierres ornementales (Tableau 3.1).

- **Du projet OSMATER au développement d'itinéraires géotouristiques**

Le programme Osservatorio Sub-Alpino Materiali Territorio Restauro est un programme PIC Interreg III A, entre la Suisse et l'Italie qui s'est achevé en 2006. Plusieurs objectifs y étaient attachés. Tout d'abord le développement de l'activité économique qui passait par une meilleure structuration de la filière d'exploitation des pierres ornementales. Le second pilier, davantage tourné vers le patrimoine, avait pour objectif de créer une banque de données sur l'architecture et l'utilisation des pierres mais aussi de réfléchir à la mise en place d'une offre géotouristique liée à ce patrimoine géologique et historique. Le département des sciences de la Terre de l'Université de Turin s'est investi dans cette partie du projet. Après la phase d'inventaire et d'analyse, six itinéraires géotouristiques ont été proposés. L'un de ceux-ci, *Storie di Pietra*, a été développé en partenariat avec la parc national du Val Grande.

8.5.4 Le canyon de Bletterbach (n° 150)

Dans cette partie du Tyrol qui fut longtemps sous la domination de l'Autriche-Hongrie, la série permo-triasique, comme dans le reste des Dolomites est un élément incontournable de tous les paysages. Un affleurement en est particulièrement célèbre, celui du canyon de Bletterbach récemment aménagé dans un objectif géotouristique.

- **Origine géologique**

Le canyon de Bletterbach entaille une série volcano-sédimentaire qui s'étend du Permien inférieur au Trias moyen. A sa base, les porphyres quartzifères témoignent des violentes éruptions qui, entre 280 et 260 millions d'années, marquèrent la fin de l'orogenèse varisque. Ce complexe volcanique débute par des andésites, dacites et rhyolites et s'achève par un épisode ignimbritique (nuées ardentes). Au Permien supérieur, un nouveau cycle sédimentaire commence marqué par une forte érosion sous des latitudes équatoriales. Il donne naissance à la série des grès du Val Gardena, que l'on peut assimiler aux épandages molassiques tertiaires du Nord des Alpes. Cette roche, facile à travailler, a été utilisée dans l'architecture gothique italienne comme dans la cathédrale de Bolzano.

Dans ces sédiments d'origine fluviatile, le paléontologue P. Leonardi découvrit en 1968, les traces d'un tétrapode : *Pareiosaurus*. La subsidence qui marque la fin de l'histoire paléozoïque de la Pangée et prépare la rupture du continent est à l'origine du dépôt de la formation du Bellerophon, calcaire à nombreuses inclusions gypseuses, témoignant d'un environnement lagunaire marqué par une importante évaporation. C'est dans cette formation que l'on peut observer ici la limite permo-triasique, où l'ère mésozoïque s'ouvre par des terrains plus franchement marins, la série werfénienne.

- **Mise en tourisme**

Le site est accessible gratuitement si l'on arrive à pied, un parking payant donnant aussi accès au canyon. Ce dernier ainsi que l'écomusée créé sur place ont été ouverts en 2003. Ils accueillent chaque année plus de 60 000 visiteurs (Figure 3.14)

Figure 3.14 : Itinéraire géotouristique au cœur du canyon de Bletterbach

8.5.5 La gorge de Dovžan (n° 379, 380)

De l'autre côté de la frontière, en Slovénie, à quelques kilomètres au nord-est de la ville de Tržič, la gorge de Dovžan entaille profondément le flanc sud des monts Karavanken.

- **Origine géologique**

Cette gorge donne à découvrir une coupe géologique des terrains marins du Carbonifère au Permien supérieur particulièrement fossilifères. 80 brachiopodes y ont été décrits dont 21 nouvelles espèces ainsi que des fusulinidés tel que *Schwagerina carniolica* qui vivait il y a 280 millions d'années.

A l'extrémité des gorges, dans la zone de Brsnina, l'enregistrement de la limite permo-trias a été étudiée par Matej Dolenec en 2005. Lors de cet événement qui marque le passage de l'ère primaire à l'ère secondaire, près de 90 % des espèces vivantes marines ont disparu ainsi qu'une multitude d'espèces terrestres. De nombreuses hypothèses ont été formulées : chute d'une météorite, paroxysme des émissions volcaniques des Trapps de Russie, conditions anoxiques généralisées dans l'océan. L'évolution des teneurs en Uranium et Thorium au passage de cet événement P/T a pu être reconstituée. Dans les 270 m évapo-dolomitiques du Permien supérieur de la séquence des monts Karavanken, les valeurs du Thorium restent faibles tandis que celles de l'Uranium traduisent la réduction de celui-ci en milieu anoxique qui donne sa couleur noirâtre à cette série sédimentaire. Au-dessus, les 30 m de la série évapo-terrigène du Trias inférieur montrent au contraire une couleur rougeâtre caractéristique d'un milieu oxydant. Le passage lui-même correspond à une fine couche d'argile d'1 cm d'épaisseur avec une forte anomalie positive des deux éléments chimiques. Ce fait traduirait la fin de la phase de régression permienne et donc une sédimentation majoritairement détritique et éolienne précédant la transgression triasique marquée au début par le retour d'eaux anoxiques sur les bordures continentales.

- **Mise en tourisme**

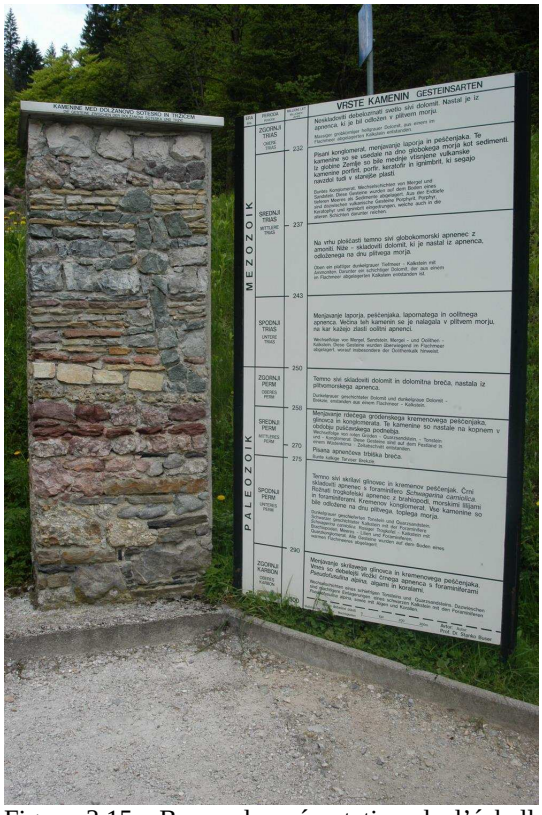


Figure 3.15 : Borne de présentation de l'échelle stratigraphique à l'entrée des gorges.

La municipalité de Tržič a élaboré un programme PHARE-CBC, programme d'aide communautaire aux pays d'Europe centrale et orientale en voie de préadhésion à l'Union européenne associé à un programme de coopération transfrontalière d'un montant de 350 000 € avec des communautés autrichiennes voisines afin de développer l'agriculture et le tourisme dans cette région du Mont Karavanken.

Un volet touristique a mis en valeur cette gorge en relation avec celles de la Tscheppa en Autriche voisine ; l'objectif, à moyen terme étant la création d'un parc naturel sur ces montagnes. Un centre d'interprétation a vu le jour à Dolina, à la sortie des gorges. Il permet l'approfondissement des découvertes faites dans celles-ci, pour un public scolaire.

Le sentier qui traverse les gorges est une partie du sentier géologique national imaginé par le professeur Stanko Buser en 1984. Il devait traverser sur plus de 1500 km et près de 900 sites d'intérêt géologique le pays. Seule la première partie est achevée actuellement et a donné lieu à l'édition d'un guide (Figure 3.15).

8.5.6 Récapitulation

Les terrains paléozoïques qui affleurent dans le Sudalpin sont beaucoup plus diversifiés que dans le reste des Alpes. On peut y reconstituer des événements qui depuis le Carbonifère ont marqué l'histoire de la région : extinction de masse à la limite Frasnien-Faménnien, puis à la limite Permo-triasique, évolution de la vie avec le développement des premières colonies récifales et l'apparition des premiers tétrapodes, événement volcaniques majeurs…

8.6 Conclusion :

A travers les Alpes, une vingtaine de sites géotouristiques abordant différents aspects de l'histoire antéalpine de la chaîne ont été retenus. Dans les domaines externes et internes, ce sont principalement d'anciennes exploitations industrielles extrayant des ressources minérales et minières qui ont été valorisées pour le géotourisme. Ressources énergétiques comme le charbon, filons métallifères mais aussi gisements de talc ou pierres ornementales. Autant de sites qui ont à une époque soutenus l'économie de vallées entières et qui, l'activité d'extraction cessant, ont conservé cette vocation économique en servant de support au développement touristique garant de la permanence d'une certaine identité liée à cette histoire commune entre les hommes et la ressource. Les autres richesses de ces régions alpines sont les cristaux. Leur mise en valeur géotouristique reste trop souvent limitée à des expositions où l'aspect esthétique occulte parfois les explications qui permettraient de mieux comprendre leur mode de formation et la diversité qui les caractérise. Le musée des cristaux de Chamonix fait exception par l'emploi d'un double niveau de médiation, l'un s'appuyant sur l'aspect esthétique et l'autre replaçant les cristaux en fonction des conditions de leur genèse, cette seconde présentation étant destinée à un public déjà averti. Quant à une mise en valeur sur le terrain, on comprend que les intérêts économiques qui sont liés à cette ressource naturelle et donc à la confidentialité des lieux de découverte n'incitent pas à développer cette forme de pratique touristique. La galerie de la centrale hydro-électrique de Grimsel est, dans ce contexte, une réelle exception. L'emploi de certaines de ces ressources minérales dans l'architecture, est une accroche évidente pour introduire des notions de géologie régionale. La ville de Turin en développant un CD-Rom mettant en valeur l'emploi des pierres ornementales, dont la pierre de Luserne ou les marbres de la région de Verbania, dans le bâti de la cité, a développé, à destination d'un géotourisme urbain, un outil original (http://www.pietreditorino.com). Le Sud et l'Austro-alpin présentent une géodiversité remarquable pour cette période paléozoïque. Sites paléontologiques, géomorphologiques, stratigraphiques, mais aussi là encore mines et carrières sont autant de géotopes qui permettent de reconstituer quasiment en continue l'histoire géologique anté-alpine de cette région du globe. Dans les Alpes carniques, en Autriche, la concentration de ces sites est à l'origine du projet actuellement en cours de création d'un géoparc qui retracera l'histoire de cette partie des Alpes au cours du Paléozoïque… et après.

Tous ces géosites, très anciens, ont une histoire complexe qui s'étend sur plusieurs orogenèses. Isolés au cœur de la chaîne alpine, ils en constituent des éléments importants et en particulier les reliefs les plus élevés. Malgré cela, peu de sites font référence à l'histoire géologique de la chaîne varisque. La médiation scientifique qui leur est associée ne développe la plupart du temps que les aspects liés à l'histoire humaine de l'exploitation des richesses qu'ils renferment. Le géoparc des Alpes carniques sera une exception. Il doit permettre de faire comprendre l'évolution paléogéographique de cette partie du monde. D'autres sites pourraient s'inspirer de cet exemple. Ainsi, la Mine Image, qui retrace l'histoire de l'exploitation du charbon sur le plateau Matheysin, ne décrit que très succinctement l'origine de la formation de ces gisements. Le discours médiatique s'appuie sur des résultats scientifiques déjà anciens, des recherches utilisant de nouvelles techniques d'analyses sédimentologiques et paléontologiques pourraient certainement permettre de développer un discours plus spécifique au contexte de ce gisement houiller.

Chapitre 9 : Le Trias, période charnière dans l'histoire des Alpes

Dans le chapitre précédent, le plan suivi, respectait la position actuelle occupée par les vestiges paléozoïques dans les différentes unités alpines d'aujourd'hui. Au contraire, cette partie présente les géosites sélectionnés suivant leur nature. Ce choix privilégie les causes communes ayant prévalu à la formation des sites géologiques. Il regroupe par contre des sites qui n'appartiennent pas actuellement aux mêmes unités structurales alpines.

Les dépôts et formations du Paléozoïque témoignent, dans les Alpes, de l'existence d'une mosaïque d'histoires géologiques indépendantes, la plupart de ces sites étant originellement dispersés le long de la marge nord du Gondwana et répartis sur une très grande échelle de temps. Au contraire, le Mésozoïque débute avec des sédiments d'une monotonie caractérisant une vaste plateforme en grande partie pénéplanée. Le Trias marque une période charnière entre l'orogenèse varisque et l'orogenèse alpine, les premiers signes du rifting alpin étant illustrés par la crise tectonique carnienne. Cette période est subdivisée en trois étages caractéristiques des faciès alpins. Plusieurs stratotypes de cette période ont d'ailleurs été définis primitivement dans les Alpes : le Werfénien par Alberti en Autriche en 1834 et remplacé depuis par deux étages l'Indien et l'Olenekien, le Ladinien par Bittner en Suisse en 1892, le Carnien et le Norien par Mojsisovics dans les Alpes carniques et noriques en 1873 et enfin, le Rhétien par Moore dans les Alpes suisses en 1861. Seul le Ladinien dont le stratotype se situe près de la commune de Bagolino dans les Dolomites a été ratifié Global Boundary Stratotype Section en 2005 (Brack, 2005).
Au cours du Trias, les eaux marines, en provenance de l'est envahissent progressivement les terres émergées. Trois domaines paléogéographiques se succèdent alors, des terres émergées situées à l'ouest à des domaines franchement marins à l'est (Figure 3.16).

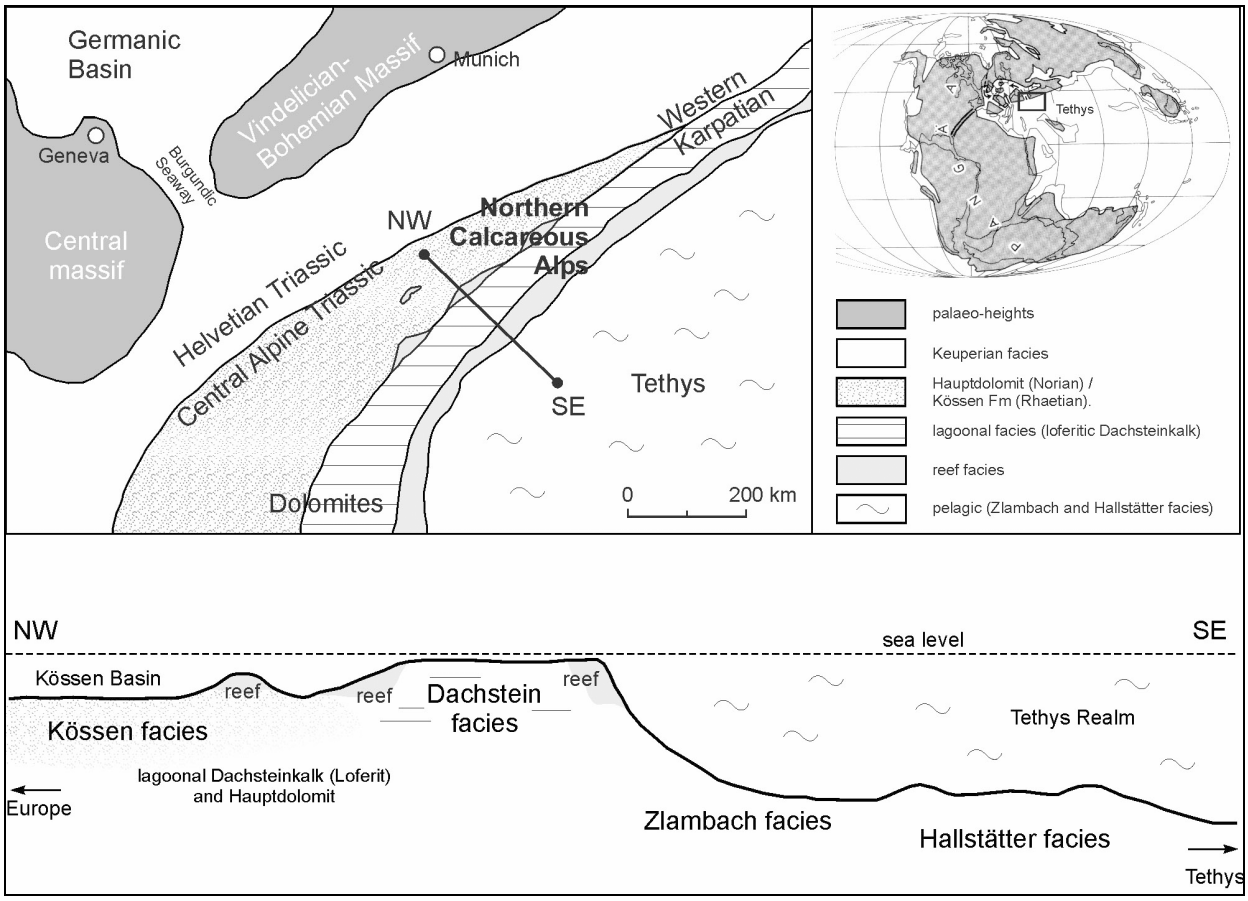
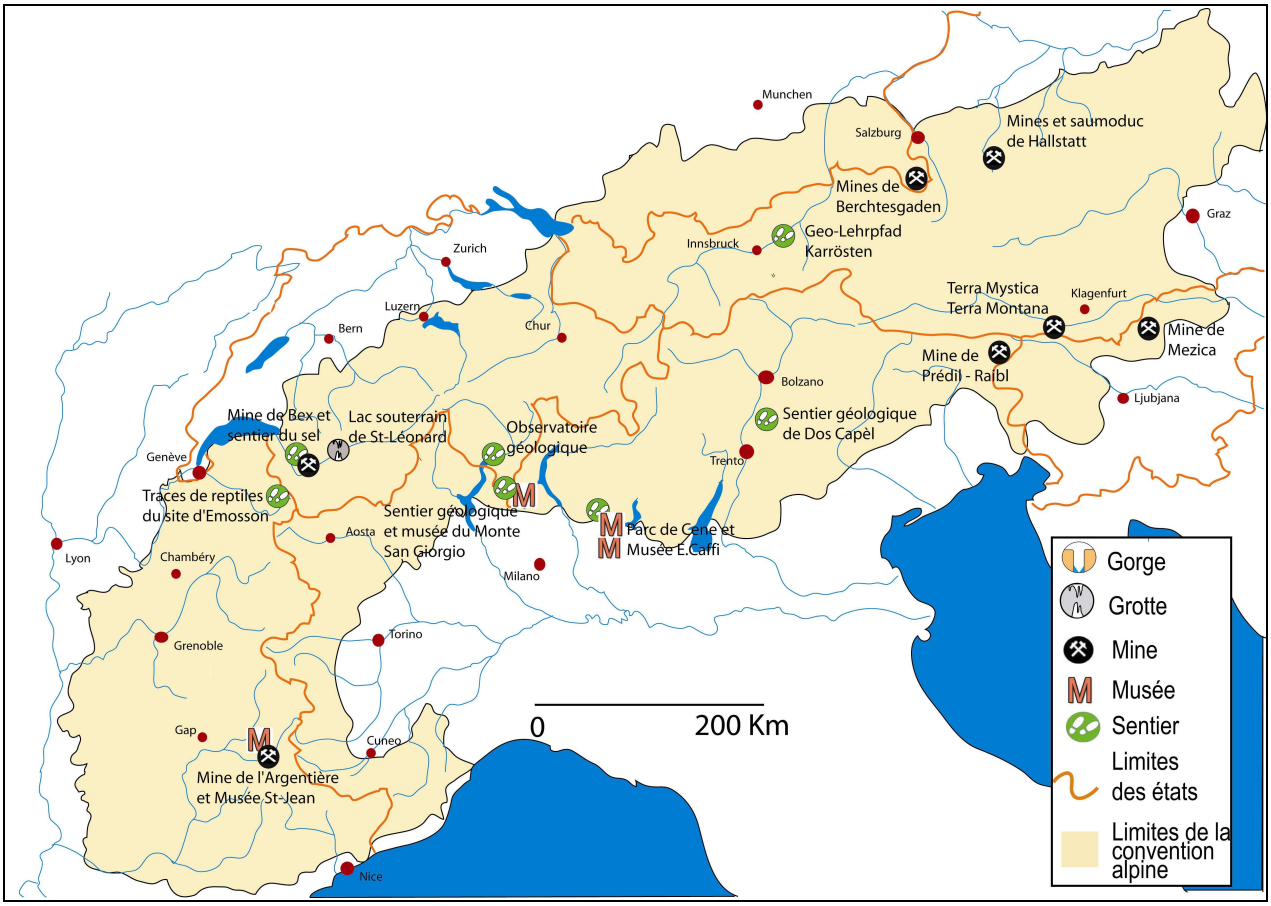


Figure 3.16 : Reconstitution paléogéographique du Trias alpin (Croquis sans échelle, Delecat, 2005)

9.1 Répartition spatio-temporelle des sites retenus

Une quinzaine de sites ont été retenus afin d'évoquer les principaux événements géologiques qui affectèrent la zone de la Pangée correspondant aux futures Alpes (Carte 3.3, Figure 3.17).



Carte 3.3 : Répartition géographique des sites triasiques retenus

Cinq thèmes ont été choisis afin de regrouper les différents sites retenus pour cette période géologique. Les dépôts salifères, exploités par les populations alpines, ont permis d'associer des sites répartis en Suisse, Allemagne et Autriche qui témoignent tous de l'importance des dépôts évaporitiques tout au long du Trias et du rôle qu'ils ont joué ensuite, comme niveau de décollement, dans l'édification de la chaîne alpine et, plus récemment dans l'histoire des civilisations et l'économie locale. Plusieurs sites paléontologiques illustrant l'expansion des reptiles ainsi que l'apparition des premiers dinosaures vont permettre d'évoquer l'évolution de ces groupes à l'aube du Mésozoïque. Un important gisement de Plomb et de Zinc traverse une grande partie de la chaîne alpine. Il a été exploité dans plusieurs sites en Italie, Autriche et Slovénie. Plusieurs de ces sites miniers ont fait l'objet ces dernières années, après la fermeture de l'exploitation, d'une mise en tourisme. Ils seront présentés conjointement et permettront d'évoquer la mise en réseau qu'à permis de réaliser dernièrement le projet Iron route. Deux sentiers géodidactiques, l'un en Autriche, l'autre en Italie évoquent l'ensemble de la stratigraphie de cette période. Ils seront évoqués successivement, l'un d'entre eux ayant la particularité d'être le plus ancien sentier d'interprétation sur le thème de la géologie du massif alpin. Enfin, la récente nomination du massif des Dolomites au patrimoine mondial de l'UNESCO nécessitait de faire une place à part entière à ce massif emblématique du Trias à l'échelle, non seulement du massif alpin mais de l'ensemble de la planète.

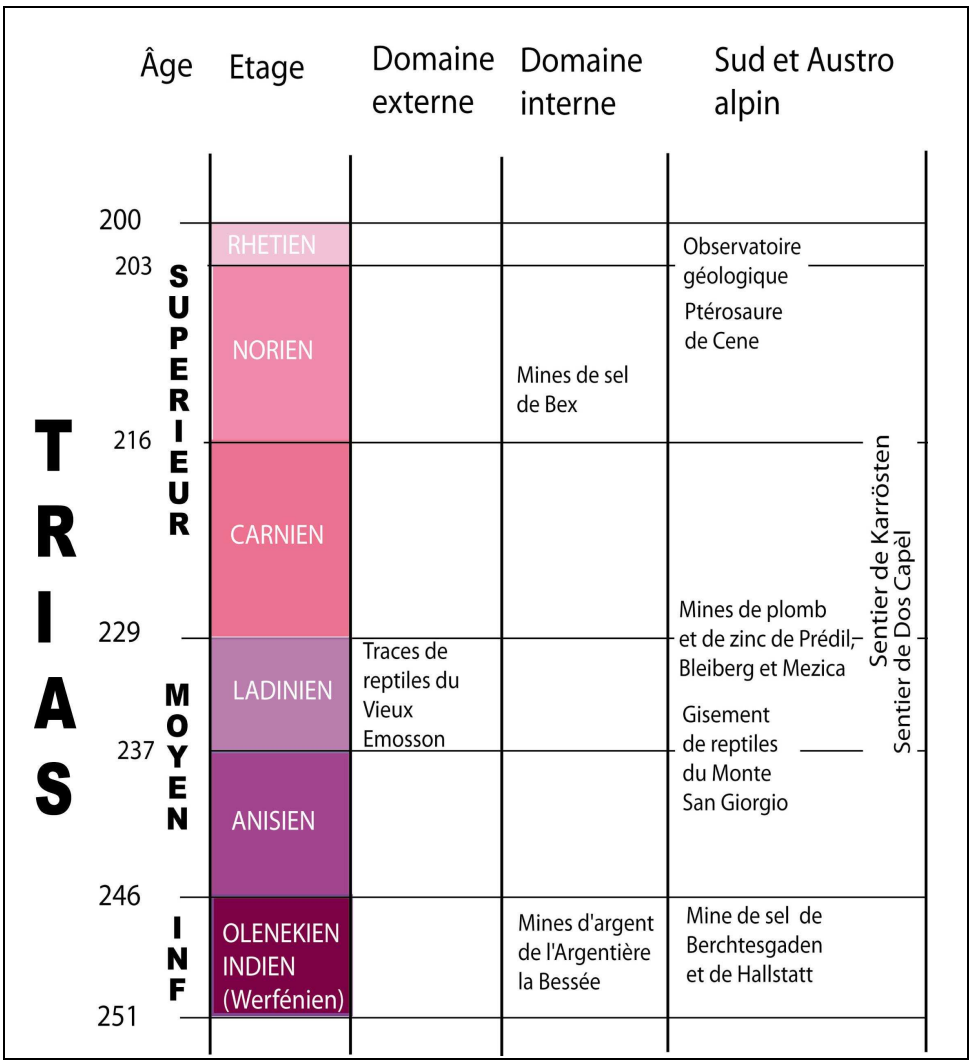


Figure 3.17 : Répartition stratigraphique des sites triasiques retenus

9.2 Le gisement d'argent des mines du Fournel (n° 27, 28)

Une vingtaine de kilomètres au sud de Briançon, les mines de l'Argentière-la-Bessée, après avoir sombré dans l'oubli durant une grande partie du XXe siècle connaissent depuis une trentaine d'années une renaissance qui contribue à la reconversion de cette ancienne cité industrielle.

- **Origine géologique**

Les filons de galène argentifère et de leur gangue de barytine recoupent les quartzites triasiques du Briançonnais sur une surface d'environ 2 km^2 en plusieurs filons décalés par un système de failles. Le minerai a une teneur de 0,15 % en Argent.

Le village de l'Argentière-la-Bessée repose sur du Sub-briançonnais qui apparaît au fond de la vallée en fenêtre au cœur du Briançonnais abritant le gisement. Lorsque l'on remonte le vallon du Fournel, on pénètre rapidement dans ce Briançonnais et on traverse successivement : le houiller, puis le conglomérat verrucano avant d'arriver aux quartzites triasiques dans lesquelles s'ouvrent la plupart des entrées de galeries.

- **Histoire de l'exploitation**

Il existe peu de traces écrites concernant les premiers temps de l'exploitation minière. Les investigations archéologiques menées au cours des différents chantiers de fouille conduits depuis une vingtaine d'années ont permis de reconstituer l'histoire de cette exploitation. Celle-ci est à l'origine du percement d'une vingtaine de kilomètres de galeries, dont 14 ont été explorés lors des fouilles.

L'histoire des mines de l'Argentière-la-Bessée peut être divisée en trois périodes principales :

- Au cours des XIIe et XIIIe siècles 12 000 tonnes de minerai ont été extraites. Une trentaine d'entrées, s'échelonnant sur 1 km et 350 mètres de dénivelée donnaient accès à cinq principaux réseaux dont Vieux travaux, Saint Roch et Combe blanche, les plus importants. L'attaque se faisait au feu, un réseau de galeries supérieures noircies par la suie assurait alors l'aération. A l'époque, un château fut bâti à l'entrée du vallon afin de contrôler la sortie du minerai.
- Au XVIIe siècle, une reprise de l'activité minière a surtout consisté à élargir le réseau existant sans vraiment ouvrir de nouvelles galeries.
- En 1836, une demande de concession a été déposée, de nombreuses reprises vont suivre mais l'abandon des mines est effectif dès le début du XXe siècle. L'attaque se faisait alors à l'explosif. Le traitement du minerai ou minéralurgie avait lieu à la fois à l'intérieur des galeries, mais aussi dans les bâtiments situés à l'extérieur.

- **Mise en tourisme**

Au début des années 80, la redécouverte des mines par quelques passionnés donne naissance à un vaste projet de valorisation touristique qui permettra en 1985 de mieux faire face à la fermeture des usines Péchiney en participant au projet de reconversion de la ville vers le tourisme. Des chantiers de fouilles voient le jour durant l'été afin de dégager les galeries, combinés à la poursuite de nombreux travaux scientifiques. Ils illustrent la dynamique pluridisciplinaire qui a vu le jour sur ce site. Progressivement des visites s'organisent, un musée est aménagé dans l'ancien château St-Jean et désormais le site accueille quelques 10 000 visiteurs par an. L'équipe dirigeante est impliquée dans de nombreux travaux de recherche fondamentale dont ceux de Vanessa Py sur l'impact de la protoindustrie sur le couvert forestier, elle participe également à de nombreux réseaux de développement de l'offre touristique liée au patrimoine minier en Europe (Ancel, 2005).

9.3 Les dépôts salifères

Les dépôts évaporitiques sont une caractéristique de l'ensemble des terrains triasiques à l'échelle de la planète. Ils témoignent d'une extrême aridité due à une évaporation intense, qui n'était pas compensée par des apports d'eau suffisants. On observe, dans ces formations géologiques, un gradient des dépôts passant des carbonates, puis, en s'éloignant de la mer ouverte, à l'anhydrite, et enfin au sel gemme résultant d'une vaste transgression sur d'immenses plates-formes épicontinentales dont il n'existe pas d'équivalent actuellement (Busson, 1982). Plusieurs mines de sel ont eu une importance remarquable dans l'histoire du peuplement des Alpes. Les plus anciennement connues sont les mines de Hallstatt dans le Salzkammergut en Autriche, celles de la région de Berchtesgaden en Bavière ainsi que celle de Bex dans le canton de Vaud. Mais on peut citer aussi les mines de Hall dans le Tyrol. Ces trois mines, qui, toutes continuent à produire du sel ont diversifié leurs activités en développant des visites touristiques qui sont parmi les géosites touristiques les plus prisés des Alpes puisque les mines de Berchtesgaden attirent 350 000 visiteurs par an, celles de Hallstatt 100 000 et celle de Bex 65 000 (Figure 3.18).
Le tourisme minier s'est développé depuis les années 1980 et ces trois sites ont ouvert au public dans les années 1990. Les trajectoires touristiques ont toutefois été dans ces trois cas quelque peu différentes.

- **Origine géologique des dépôts**

Les gisements alpins se présentent pour la plupart sous la forme de brèches salifères, formations qui, en Autriche et en Bavière, portent de nom de Haselgebirge, terme issu du langage minier et que Léopold von Buch a introduit en géologie. Ce terme désigne une brèche constituée d'évaporites, principalement mais aussi de carbonates, d'argiles... Cet horizon souligne la base de la nappe des Alpes calcaires du Nord et a donc subi d'importantes transformations au cours de l'orogenèse alpine. Les autres gisements, situés en Suisse, appartiennent eux aux nappes helvétiques.

Les dépôts salifères se sont constitués en plusieurs épisodes distincts :
A la fin du Permien, des dépôts silicoclastiques et évaporitiques résultent du rifting qui conduit à l'ouverture est-ouest de la Pangée que la Téthys commence à envahir par l'est. Les dépôts évaporitiques sont régulièrement recouverts par des apports détritiques liés à l'érosion continentale. La datation de ces premiers horizons salifères a été effectuée grâce à des analyses palynologiques par Klaus et confirmée plus tard par des mesures isotopiques du strontium et des sulfures par Spötl en 1996. A la fin du Trias inférieur, une transgression marine conduit à d'importants dépôts carbonatés, un nouvel épisode hypersalin se met en place avec installation de sebkhas. C'est l'origine des dépôts de Bad Reichenhall en Bavière. Les gisements exploités à Bex en Suisse seraient eux plus récents, du Trias moyen au supérieur. Plusieurs épisodes métamorphiques, ne dépassant pas le stade faible, vont ensuite transformer ces dépôts. L'orogenèse alpine a provoqué le fluage des couches évaporitiques et la formation des brèches qui les caractérisent.

Le sentier du saumoduc de Hallstatt

Le train des mineurs de Berchtesgaden

« Voyage dans le temps au pays du sel » à Berchtesgaden

Figure 3.18 : sites touristiques liés à l'exploitation du sel dans les Alpes

9.3.1 Les mines de Hallstatt(n° 344)

A Hallstatt, le sel est déjà exploité 2000 ans avant J.C. L'eau provenant de sources salées est évaporée dans de grandes vasques en céramique. Puis, au début de l'âge du Bronze, l'exploitation devient souterraine utilisant une technique de puits. En 1856, le directeur des mines de sel, George Ramsauer, découvre une nécropole abritant près de 4000 tombes dans le massif du Salzberg, à 850 m d'altitude. L'occupation du site est attestée de -800 à -600 puis vers -500 av. J.C. Les riches parures trouvées à l'intérieur des tombes témoignent de la richesse de cette communauté et donc de l'importance de l'extraction du sel à cette époque. La civilisation de Hallstatt a été définie ici, grâce aux travaux archéologiques menés dans la mine mais aussi dans ce site archéologique. Cette civilisation marque le début de l'âge du Fer vers 1300 avant Jésus-Christ. L'invention de la métallurgie du fer va profondément bouleverser la civilisation celtique. L'exploitation se poursuit jusqu'à l'époque romaine puis elle s'interrompt pour ne reprendre que vers 1300. En 1607 un saumoduc de plus de 40 km, composé de 13 000 troncs, conduit l'or blanc jusqu'à Ebensee où il est transformé. A partir du XIXe siècle, le tourisme va progressivement supplanter l'activité minière, tout d'abord en proposant des stations thermales d'eaux salées puis, plus récemment, la visite des anciennes mines. En résidence d'été à Bad Ischl, toute proche, l'empereur François Joseph visitait déjà Hallstatt, pour ses eaux salées ainsi que la nécropole nouvellement découverte. La société Österreich salinen AG produit encore actuellement 700 000 m^3 de saumures et 400 000 tonnes de sel. Les mines de Hallstatt appartiennent donc à un site, le massif du Dachstein/Salzkammergut, d'une richesse naturelle et culturelle exceptionnelle qui explique son inscription au patrimoine mondial de l'UNESCO en 1997 pour les critères culturels III et IV. Le site accueille plusieurs centaines de milliers de visiteurs attirés par la mine mais également les grottes dont il sera question plus loin. L'offre a été complétée en 1999, par la création d'un sentier d'interprétation le long du saumoduc qui descend des mines vers l'usine située en bordure du lac d'Ebensee.

9.3.2 Les mines de Berchtesgaden (n° 266)

Les premières traces de l'exploitation du sel dans le sud de la Bavière ont été découvertes à Bad Reichenhall et datent d'au moins 700 ans avant Jésus-Christ. La destruction de la forêt liée aux besoins énergétiques imposés par l'évaporation de la saumure conduisit au XVIIe siècle à la construction d'un saumoduc de 32 km pour amener la saumure à Traunstein au milieu de la forêt, puis, au XIXe siècle un autre saumoduc fut construit vers Rosenheim. L'empire du sel bavarois était à son apogée dans la première moitié du XIXe siècle avec 7 centres (Reichenhall, Frohnreuth, Traunstein, Rosenheim, Kissingen, Orb, et Dürkheim) pour une production annuelle de 32 000 tonnes. La libération du monopole du sel en 1867 conduisit à un important remaniement de la filière, la Bavière recentrant sa production de Berchtesgaden à Rosenheim. Au tournant du XXe siècle, la demande en sel, liée au développement de la chimie industrielle progressa, passant, en Allemagne, de 300 000 tonnes en 1895 à 900 000 en 1912. L'exploitation du sel par voie humide coûteuse en énergie fut alors concurrencée par les mines sèches. Les outils de production à Bad Reichenhall furent modernisés et en particulier une centrale hydroélectrique construite afin de diminuer le coût de l'évaporation des saumures. Celles-ci, en provenance de la mine de Berchtesgaden étaient concentrée à 26,5 % (Jahn, 1997).
La compagnie Südsalz GmBH exploite aujourd'hui les mines de Berchtesgaden ainsi que la saline de Bad Reichenhall avec une production annuelle d'environ 250 000 tonnes. L'exploitation se fait par la technique des chambres de dissolution. En effet, l'hétérogénéité du gisement nécessite de séparer le sel du reste des sédiments qui lui sont liés : carbonates, sédiments détritiques... De l'eau douce est donc injectée dans de vastes cavités du gisement. Lorsque la saumure atteint la bonne concentration en sel, elle est extraite et dirigée vers la saline de Bad Reichenhall afin d'y être évaporée.
Ouverte à la visite depuis 150 ans, la mine de sel de Berchtesgaden propose, depuis 2007, un nouveau parcours touristique baptisé : « Voyage dans le temps au pays du sel ». Cette rénovation d'un coût de 8,4 millions d'euros a été réalisée par Stefan Seigner, de l'Intertainment Kulturmanagement GmBH. La nouvelle formule, permet d'accueillir jusqu'à 4000 visiteurs par jour. En compagnie de Salzi, la mascotte du parcours, un circuit de 650 m dans le train des mineurs conduit à la salle de la cathédrale de plus de 17 mètres de haut, où l'origine du sel est expliquée. Une salle consacrée au travail des mineurs, une autre au sel et à ses usages et enfin la salle du lac complètent la visite agrémentée de nombreux spectacles sous la forme de projections laser. La descente des toboggans qui permettaient de desservir les différents niveaux de galeries reste un des clous du parcours souterrain, tout comme à Hallstatt. Afin d'adapter la visite à des publics scolaires de différents niveaux et de leur proposer des ateliers de recherche interactifs, une thèse de didactique est conduite par Barbara Meissner du département de didactique de la biologie de l'Université de Bayreuth.

9.3.3 Les mines de Bex (n° 167, 168)

Le canton de Vaud est le seul en Suisse à bénéficier d'une source locale de sel. Au XVIe siècle des sources salées sont découvertes en rive droite de la Gryonne, vers 860 mètres d'altitude. En 1680, commencent les travaux souterrains. Des galeries sont creusées, de plus en plus profondément, elles sont donc de plus en plus longues afin d'atteindre toujours plus bas la principale source de sel, que l'on croit, à l'époque emprisonnée dans un cylindre vertical un peu à la façon d'un réservoir. Ainsi, la galerie du Coulat atteint 720 mètres de long. En 1725, une troisième galerie est envisagée à partir du Bouillet, elle doit traverser 2 km de terrain avant d'atteindre le « cylindre ». Les travaux commencent, un escalier de 735 m est creusé à partir de la galerie supérieure mais finalement, les travaux sont arrêtés. Il faut attendre l'arrivée de De Charpentier comme directeur de l'exploitation pour que le chantier reprennent. Outre le creusement des galeries, des poches de roc salé sont exploitées directement. Cette roche donne naissance à une saumure qui est ensuite acheminée vers la saline du Bévieux en vue de son

évaporation. L'Etat de Vaud décide la fermeture des Mines en 1865. Elles seront ensuite reprises par une société privée : la Compagnie des Mines et Salines de Bex. Un nouveau type d'exploitation se fait jour : de l'eau est injectée dans les poches salifères, elle se sature en sel et est ensuite récupérée (Badoux, 1982). Actuellement seuls 4 ouvriers travaillent dans la mine principalement à l'entretien du matériel. Depuis 2002, la société saline de Bex SA dirige l'exploitation.
L'originalité de la mise en tourisme de ce complexe minier, outre la visite classique à l'image de celle des autres mines, tient à la création de nouveaux parcours de découverte qui donnent accès aux galeries du Moyen-Âge. Ce circuit « aventure » réalisé avec un guide connaissant parfaitement l'histoire de cette mine renouvelle ce type de tourisme souterrain. L'offre s'adresse à un public sportif, intéressé, et qui aura l'occasion, au travers de ce parcours, de vivre une expérience souterraine relativement confidentielle.

Dans ces trois cas, des itinéraires extérieurs existent. Ces sentiers d'interprétation longent des saumoducs ou bien suivent la route du sel en expliquant les échanges importants réalisés avec cette ressource naturelle vitale. Ainsi, un programme Leader a permis d'aménager le saumoduc de Hallstatt.
Dans le Valais, il existe aussi un autre témoin de ces vastes accumulations d'évaporites qui fait l'objet d'une mise en tourisme attirant plus de 100 000 visiteurs par an : le lac souterrain de St-Léonard. Le gypse dans lequel est creusée la grotte, révèle la même paléogéographie qui a permis, à quelques kilomètres de là, la naissance du sel des mines de Bex. Mais ici, nous sommes dans le domaine pennique dont l'emplacement au Trias inférieur se trouvait beaucoup plus au sud. Le jeu de la tectonique alpine a rapproché ces deux géosites L'orogenèse alpine a transformé le gypse en anhydrite et, lors de la compression alpine, les nappes de ce domaine pennique ont été repoussées vers le nord. Rapprochées de la surface, l'anhydrite a été soumis aux infiltrations des eaux de surface le transformant à nouveau en gypse. Une circulation d'eau souterraine a provoqué la dissolution puis l'évacuation de celui-ci, donnant naissance à une cavité naturelle qui abrite le lac. Le colmatage du plancher de la galerie par les argiles également entraînées assure une certaine étanchéité qui permet au lac de perdurer. Toutefois, le tremblement de terre de 1946, a élargit les fissures et failles du lit du lac qui alors s'est vidé plus rapidement qu'il ne se remplissait. Des travaux de colmatage artificiel assurent désormais la pérennité du réservoir souterrain. On est donc face ici à un cas limite de géosite touristique (Pralong, 2004). En effet, le site est désormais devenu partiellement artificiel, le niveau du lac contrôlé et la présence des truites ne fait que rajouter aux interventions anthropiques…

9.4 Les gisements de reptiles du trias alpin

Trois sites gardent les traces des reptiles qui occupèrent les terres émergées du trias alpin. Deux sont en Suisse, à la frontière française, près du barrage d'Emosson et à la frontière italienne au du Monte San Giorgio, le dernier se trouve en Italie, dans la province de Bergame. Ces trois géosites ont une importance certaine pour cette discipline toujours très prisée du grand public qu'est la paléontologie. Après que la recherche scientifique ait pu montrer à quel point ils étaient riches d'informations, des chercheurs ont dans les trois cas réussi à convaincre les autorités locales de les rendre accessibles au touristes.

9.4.1 Le Monte San Giorgio, un site inscrit au patrimoine mondial (n° 207, 208, 209)

Le Monte San Giorgio montagne boisée de forme pyramidale, culmine à 1096 m au Sud du lac de Lugano, dans le Tessin.
Les horizons fossilifères s'intercalent en 5 niveaux parmi les schistes bitumineux qui se sont déposés à partir de l'Anisien et durant plusieurs millions d'années composant ainsi une alternance de bancs de dolomie blanche d'une épaisseur de 20-30 cm et de bancs de schistes

bitumineux recoupés parfois par des tufs volcaniques jaunâtres sur une épaisseur d'environ 16 mètres. Le premier traité scientifique sur les fossiles de vertébrés du Monte San Giorgio, écrit par Giulio Curioni, date de 1847 et décrit de nombreux poissons. Des campagnes de fouilles ont ensuite été menées en 1863 par Antonio Stoppani, en 1878 par Emilio Cornalia et en 1880 par Francesco Bassani, permettant de mettre à jour des fossiles d'Ichtyosaures ainsi que les premiers sauriens. La majorité de ces récoltes a été envoyée au Muséum d'Histoire Naturelle de Milan et en grande partie détruite lors du bombardement de 1943. Depuis, de nouvelles campagnes de fouilles ont permis de reconstituer une belle collection, en particulier un Ichtyosaure découvert en 1993.

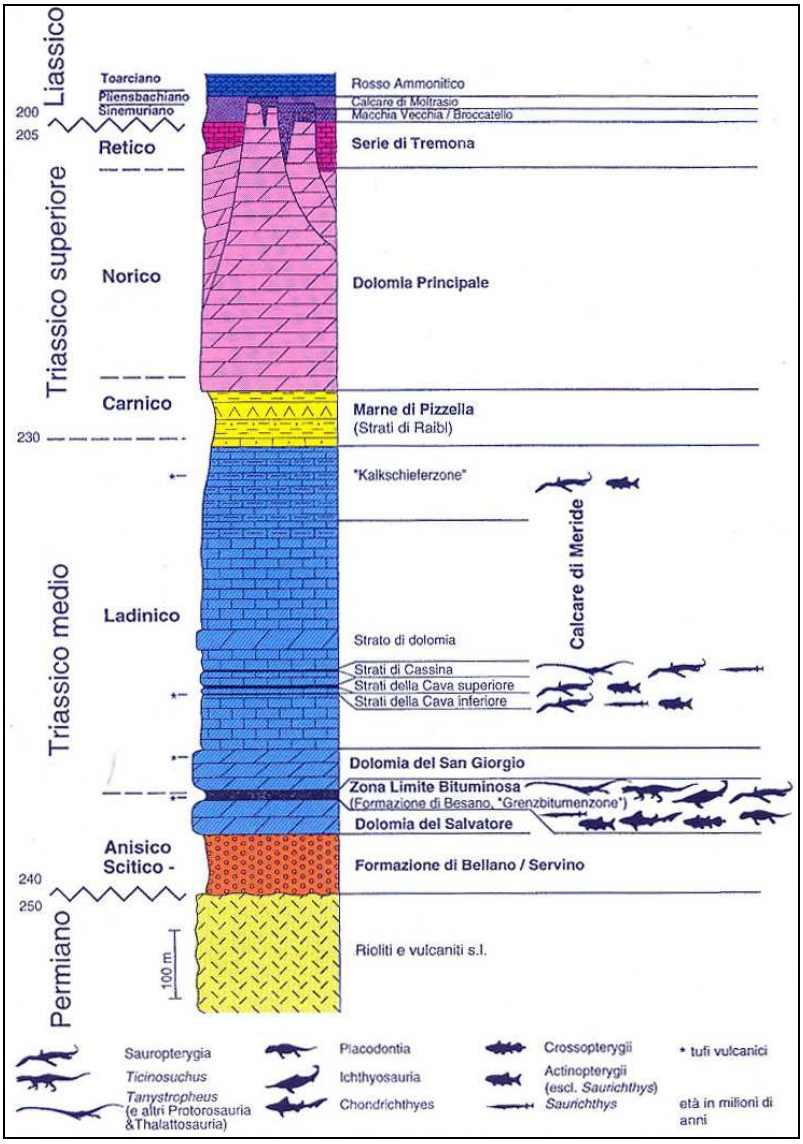


Figure 3.19: Colonne stratigraphique du Monte San Giorgio

Du côté suisse, l'Université de Zurich a entrepris une cinquantaine de campagnes de fouilles sur une vingtaine de sites. Celles-ci ont été conduites par B. Peyer dans les années 1920 puis par E. Kuhn-Schnyder dans les années soixante.

L'étendue actuelle des découvertes s'élève à plus de 10 000 spécimens représentant 30 espèces de reptiles, 80 espèces de poissons, près de 100 macro-invertébrés et 3 espèces de plantes, outre les microfossiles (Felber, 2003). Il y a 240 millions d'années, San Giorgio était une lagune en bordure des terres émergées où vivaient des reptiles terrestres tels le *Ticinosuchus* mais aussi des reptiles marins comme le *Tanystropheus longobardicus* (Figure 3.19).

Les schistes bitumineux qui renferment les horizons fossilifères ont aussi été exploités, depuis 1856, afin d'en extraire, par raffinage, de l'huile, le Saurolo, un médicament contre les maladies de peau.

L'importance paléontologique du Monte San Giorgio est reconnue par tous les spécialistes du Trias à l'échelle internationale. Un géologue tessinois, Markus Felber, ainsi que le paléontologue italien Andrea Tintori, de l'Université de Milan, ont été les instigateurs de la candidature au patrimoine mondial. Soutenue par les autorités cantonales, celle-ci a abouti en 2003. Le nom de Felber a même été donné à une espèce de poisson découverte par deux chercheurs italiens, *Felberia excelsia*. 849 hectares ont donc été reconnus au titre du critère VIII, pour l'importance de ce site comme témoin de la vie marine au Trias. C'est dans le cadre d'un programme Interreg III portant sur le développement intégré du massif menacé par la périurbanisation que la candidature a pu voir le jour.

L'offre géotouristique s'appuie sur un sentier naturaliste qui présente la géologie du massif et dévoile certains sites de fouilles et d'exploitation minière. Un musée a ouvert ses portes dans le petit village de Meride en 1974. Il accueille quelque 10 000 visiteurs par an mais la muséographie y est minimaliste (Figure 3.20). L'obtention du label UNESCO a permis de lancer un nouveau projet de musée qui sera réalisé par l'architecte tessinois Mario Botta et devrait pouvoir accueillir 65 000 visiteurs annuels.

Figure 3.20 : Salle d'exposition du musée de Meride

9.4.2 Les traces de reptiles du Barrage du Vieux Emosson (n° 171)

Le 23 Août 1976 Georges Bronner, un géologue français de l'Université d'Aix-Marseille, découvre, près du col des Corbeaux, au cœur des Aiguilles Rouges des empreintes qui sont rapidement attribuées à des reptiles primitifs. L'affleurement, une dalle de grès située à 2400 m d'altitude, jusque là recouverte par un névé, appartient à la série triasique de la couverture autochtone de ce massif cristallin externe. La dalle plonge de 30 à 80 ° vers le Nord-Ouest. Plus de 800 empreintes sont identifiables sur une surface de 350 m^2. Leurs dimensions varient entre 10 et 20 cm avec une profondeur maximale de 5 cm. La longueur des animaux a été estimée entre 3 et 7 mètres et leur poids entre 300 et 400 kilogrammes. Les empreintes affleurent sur une surface de grès du Ladinien terminal, c'est-à-dire du Trias moyen, datée de 230 millions d'années. D'autres empreintes sont visibles sur cette couche mais elles sont nettement plus altérées dans les autres sites, situés dans les environs de celui-ci. Des traces de rides d'oscillations, de polygones de dessiccation, d'empreintes de trémies de sel et de gouttes de pluies accompagnent les empreintes de pas. Elles témoignent d'une paléogéographie correspondant à une plage. 9 ichnoespèces, c'est-à-dire des espèces qui ne sont connues que par leurs traces ont laissé leurs empreintes sur le site. Les traces tridactyles, tetradactyles et pentadactyles ont été attribuées à des archosaures, des reptiles apparentés aux thécodontes, mais aussi à des dinosaures primitifs dont la plupart étaient herbivores (Demathieu et Weidmann, 1982). Il semble que ces animaux passaient sur cette plage à l'interface de deux milieux : l'eau de la lagune et les terres émergées où ils pouvaient paître ou chasser et nidifier (Figure 3.21).

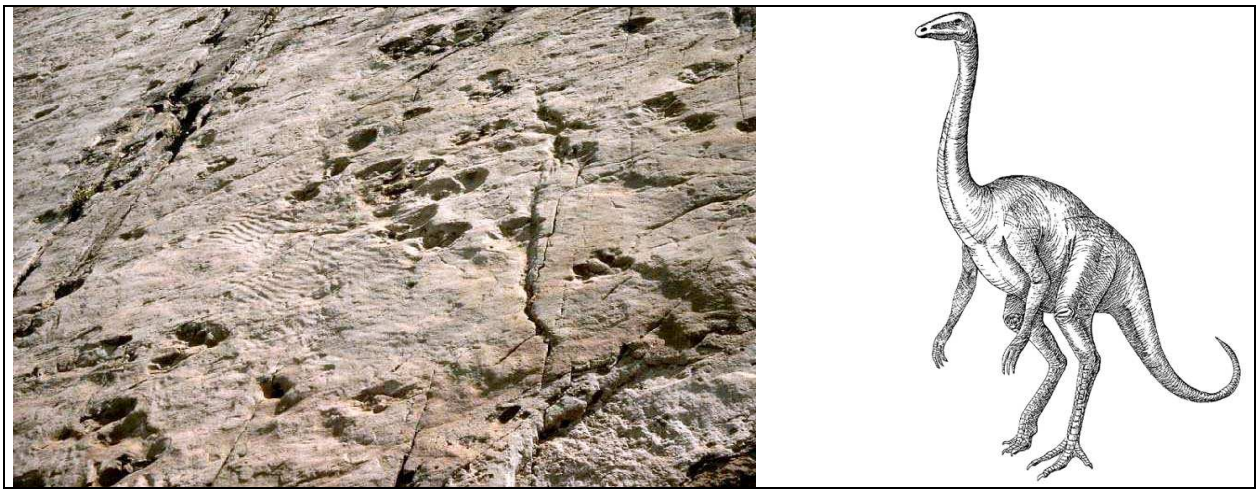


Figure 3.21 : Empreintes de pas et reconstitution d'une ichnoespèce Prototrisauropus sp.

La protection du site a été assurée par un arrêté du Conseil d'Etat du Canton du Valais, en date du 9 Novembre 1983, ainsi que par son classement au titre de l'inventaire des géotopes

suisses (Cf 1.7). La mise en tourisme est assurée par un sentier d'interprétation. Ce sentier a été créé à l'initiative de la commune de Finhaut et sa maîtrise d'œuvre confiée à Danielle Decrouez, directrice du Muséum d'Histoire Naturelle de Genève, et Sandro Benedetti, géographe conseil. Aucun panneau n'a été posé mais une brochure ainsi que des dépliants ont été réalisés. L'originalité du projet vient de l'animation scientifique proposée sur place et assurée par des spécialistes ce qui laisse libre le randonneur de ses horaires, de ses contraintes… mais cette animation n'a lieu que 21 jours par an. Cette organisation a été rendu financièrement possible dans le cadre de l'agenda 21 de la ville de Genève avec l'aide de l'office de tourisme de Finhaut. 2400 visiteurs ont été recensés au cours des trois semaines de l'été exceptionnel de 2003 (Decrouez, 2004).

9.4.3 Le Ptérosaure de Cene (n° 130, 131)

Le squelette, complet et en position anatomique, d'un Ptérosaure : *Eudimorphon ranzii*, a été découvert, en 1973, par Mario Pandolfi et Rocco Zambelli, paléontologues du Musée Enrique Caffi de Bergame dans les couches de calcaire de Zorzino datées du Norien il y a 220 millions d'années. Le squelette, d'une envergure d'environ 80 cm possède 114 dents de deux types différents : celles situées en avant de la mâchoire sont à simple pointe alors que celles situées en arrière sont plus complexes. Cette dentition trahit un régime piscivore. Le calcaire noir de Zorzino correspond à quelques mètres de fins niveaux de calcaire micritique dans lesquels sont intercalés des lits riches en fossiles de vertébrés (reptiles et poissons) et d'Invertébrés (crustacés, crinoïdes...). La forte concentration en matière organique qui donne une odeur de soufre à ces calcaires ainsi que la richesse en fossiles s'expliquent par un taux de sédimentation faible dans des fonds anoxiques correspondant à un bassin peu profond au sein de la dolomie principale (Paganoni, 2003).

Le site des fouilles où a été exhumé le Ptérosaure, par les chercheurs du musée civique d'histoire naturelle de Bergame est situé à Ratta, près de Cene au Nord de la ville. Vingt ans après cette découverte, le musée en association avec la communauté de montagne Valle Seriana ont eu le projet de requalifier le chantier de fouille pour l'ouvrir au public. Un système de visite incluant ces deux entités, musée et site fossilifère, ainsi que le monument naturel du val Brunone à Berbenno a été mis en place afin de protéger et de mettre en valeur ce patrimoine paléontologique exceptionnel.

9.5 Les gisements de Plomb et de Zinc de Mežica, Raibl et Bleiberg (n° 166, 334, 386)

Les dépôts de plomb et de zinc de Bleiberg qui s'intercalent dans plusieurs niveaux du Trias des Alpes orientales ont donné naissance à plusieurs districts miniers : Bleiberg en Autriche, Mezica et Topla en Slovénie, Raibl–Predil et Salafosse en Italie. Leur importance économique a été grande puisque 7 millions de tonnes de métal en ont été extraites.

- **Origine géologique des gisements**

Plusieurs niveaux de minéralisations se succèdent au cœur de la série carbonatée allant de l'Anisien au Carnien et situés de part et d'autres de la ligne péri-adriatique. A la limite Anisien-Ladinien, des minéralisations discordantes ont été exploitées dans le gisement de Salafossa. A la limite Ladinien-Carnien, les minéralisations sont liées à des horizons particuliers correspondant à des faciès d'arrière récifs qui se mettent en place à la faveur d'un important épisode de régression. Il n'existe pas de datation de ces minéralisations, d'où des hypothèses controversées concernant leur mise en place. Les premiers auteurs privilégiaient une formation syn-sédimentaire. Puis, des modèles épigénétiques ont été élaborés. En effet les gisements occupent des cavités karstiques, ils doivent donc être postérieurs à cet épisode de karstification. Enfin, le rôle du métamorphisme alpin a toujours été évoqué pour les phases de concentration des filons. Toutefois, l'analyse de la texture des dépôts, des bio-marqueurs hydrocarbonés et du

soufre qui leur sont associés ainsi que la présence d'importantes reliques bactériennes semblent corroborer l'hypothèse d'une double origine : hydrothermale et biologique liée à l'action de bactéries au moment du dépôt (Schroll, 2005).
Les gisements primaires dont la galène exploitée pour le plomb et la sphalérite pour le zinc résultent d'une minéralisation primitive de ces dépôts du Trias moyen. Dépôts lagunaires enrichis par des fluides hydrothermaux riches en plomb et en zinc réduits par l'activité bactérienne dans le milieu anoxique qui régnait alors dans la lagune. Tels sont les résultats des analyses pratiquées par Spangenberg et Herlec (2006), sur la matière organique retrouvée dans les sédiments ainsi que sur les éléments rares que l'on y trouve. Un second type de gisement résulte de l'oxydation des filons lors de la karstification du massif qui a suivi l'orogenèse alpine. Les cristaux obtenus sont recherchés comme la Wulfénite ($PbMoO_4$).

- **Histoire de l'exploitation**

Trois sites distincts ont exploité ce même gisement, leur histoire respective montre des différences significatives.

Les premiers documents officiels faisant référence à la mine de Mezica, en Slovénie, datent de 1665. Seule la mine de mercure d'Idrija est plus ancienne dans le pays. Deux gisements métallifères de plomb et de zinc sont présents dans la région : les gisements de Topla intercalés dans une plate-forme carbonatée d'âge anisien et ceux de Mezica, plus récents et rapportés au Ladinien terminal. A Topla ce sont environ 250 000 tonnes de minerais d'une teneur de 10 % de zinc et de 3,3 % de plomb qui ont été exploitées entre 1974 et 1988. Le gisement métallifère de Mezica, plus récent, comprend lui, 350 filons répartis dans une aire de 64 km^2. Le minerai présente une teneur en Pb de 5.3% et en Zn de 2.7%. A la fin du XIXe siècle, la compagnie Bleiberger Bergwerks Union dirigea l'exploitation amenant la prospérité à cette région. La compagnie employa jusqu'à 2000 ouvriers. En 1988, la fin de l'exploitation est décidée. Ce sont alors plus de 800 km de galeries qui sillonnent le massif du Karavanken.

L'activité minière dans la vallée de Bad Bleiberg, dans la région de Carinthie, en Autriche, est avérée dès le début du XIVe siècle mais c'est surtout au siècle suivant que la mine va prendre son essor.
La famille Fugger qui possède les mines de Schwaz dans le Tyrol contrôle alors cette production.
En 1867, la BBU (Bad Bleibergwerk Union) est créée, elle exploite le gisement jusqu'à la fermeture des mines en 1993. Les techniques se modernisent et en 1942 la mine emploie 3500 personnes. Dans la seconde moitié du siècle des difficultés financières vont progressivement conduire à l'abandon du site.

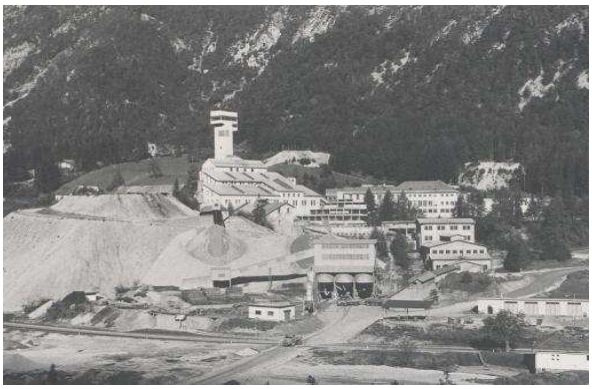


Figure 3.22 : Le complexe minier de Bad Bleiberg (source : Antonin Schacht)

De ces 700 années d'activités extractives continues, témoignent des centaines de kilomètres de galeries à travers toute la montagne. Une association (Bergmännischen Kulturvereins Bad Bleiberg) a pour objectif de conserver la mémoire de cette histoire minière (Figure 3.22).

Dans la province de Tarvizio, dans le Frioul, des objets en plomb ont été retrouvés et datés de l'époque romaine. Toutefois, le premier écrit faisant référence à l'exploitation minière date de 1327. Il a été signé par l'Empereur Frédérick I d'Habsbourg afin d'autoriser un groupe de mineurs à travailler sur le site. Du XVIe au début du XIXe siècle la mine est gérée par la famille autrichienne Von Rechbach. Au début du XIXe siècle, l'état autrichien reprend le contrôle de

l'activité minière. L'arrivée de l'électricité améliore le rendement des mines et le village de Raibl est l'un des premiers à posséder un éclairage public électrique dès la fin du XIXe.
En 1905, une galerie est creusée à travers la montagne. Elle débouche au dessus du village de Bretto di Setto, actuellement en Slovénie (Log Pod Mangrtom), et assure l'écoulement des eaux d'exhaure. Elle est le cadre, 5 ans plus tard d'un accident qui coûte la vie à 7 personnes résidents dans l'hôpital entraîné par la déstabilisation des terrains causés par un effondrement suivi de la pénétration d'une partie des eaux du Rio del Lago au cœur de la galerie.
En 1919, suite au traité de St-Germain, la mine devient propriété de l'Etat italien. En 1923, l'ensemble de l'activité minière est géré par RAIBL-Société minière du Predil spa dirigée par Bernardino Nogara. Elle subit un premier arrêt en 1931 en raison du coût élevé de son exploitation dû aux éboulements réguliers causés par l'intense activité sismique de la région. L'exploitation reprend en 1933. Après guerre, la mine emploie encore 1100 personnes mais progressivement son activité décline, elle devient propriété de la région Frioul, Vénétie, Julienne en 1965. L'activité est maintenue jusqu'en 1991 date de la fermeture définitive de la mine.
Ces galeries souterraines qui franchissent la frontière avec l'ex Yougoslavie sont le théâtre de nombreux événements durant les deux guerres mondiales ainsi que pendant la guerre froide car elles servent à des passages clandestins.

- **Mise en tourisme des sites**

Alors que chacun de ces sites expérimentait, dans les années 90, une reconversion tournée vers le tourisme, la mise en place du programme Iron Route a assuré leur fonctionnement en réseau. Ce programme Interreg III B Alpine Space associe des sites miniers de Slovénie, d'Autriche et d'Italie dans le but de créer une Via Alpina européenne du métal. Il a permis des échanges d'expériences entre les différents sites en reconversion participant ainsi à une amélioration des pratiques. Ainsi, des offres originales ont pu être proposées : une visite à VTT des mines de Mežica sur des parcours de 2, 4 et 7 heures, la création d'un centre culturel lié à l'histoire minière de la région à Prédil, des festivals de musique…

9.6 A la découverte de la stratigraphie du Trias. (n° 149, 277)

Deux sentiers d'interprétation parcourent les séries stratigraphiques permo-triasiques alpines. Le plus ancien, créé en 1975, se situe dans les Dolomites, c'est le premier sentier d'interprétation portant sur le thème de la géologie a avoir vu le jour dans les Alpes. Le second se situe dans la couverture des Alpes calcaires du nord sur le massif du Tschirgant, en Autriche.

- **Les Dolomites et les Alpes calcaires du Nord au cours du Trias**

Dans les Dolomites, le sentier géologique de Dos Capèl effectue le tour du massif du Latemar donnant à découvrir une série stratigraphique allant depuis les porphyres quartzifères permiennes aux brèches d'explosion marquant le début de l'activité volcanique liée aux distensions annonciatrices du rifting alpin. La base de la série correspond à celle déjà rencontrée au fond du canyon de Bletterbach tout proche. Puis viennent les différentes formations calcaréo-dolomites caractéristiques de ce massif.
Elle est suivi il y a 236 millions d'années par une phase d'émersion et d'érosion qui dépose le conglomérat de Richtofen. Enfin, le régime en distension laisse place à la mer qui progressivement va voir se développer un récif qui correspond aujourd'hui au massif du Latemar (Figure 3.23). Il y a 232 millions d'années, un important édifice volcanique se met en place sur la plate-forme carbonatée en voie de déstructuration.

Le massif du Latemar, a fait l'objet d'une controverse au cours des années 1990 liée à l'interprétation de sa succession stratigraphique. Attribuée dans un premier temps à un forçage astronomique, l'application des cycles de Milankovitch permit de calculer une vitesse de sédimentation de 50 m par million d'années.

Figure 3.23 : Le massif du Latemar (source : The Latemar controversy – Zühlke R.)

Des mesures radiochronologiques et biostratigraphiques vinrent ensuite contredire ces premiers résultats puisque le taux de sédimentation était alors évalué à 200 m par million d'années. Enfin, des études magnétostratigraphiques vinrent encore compliquer le problème puisqu'elles fournirent un taux de 500 m par million d'années. La synthèse comparative effectuée par Rainer Zühlke semble mettre un terme actuel à la controverse en attribuant la série des dépôts à la combinaison de forçages astronomiques que les cycles de Milankovitch visible à grande échelle semblent caractériser mais aussi des forçages non astronomiques liés à la diagenèse, ainsi qu'aux différents cycles par exemple biologiques qui contrôlaient la plate-forme (Zühlke, 2002).

Le sentier du Karrösten, aux environs de Imst dans le Tyrol, parcourt des terrains allant du Permien à la fin du Trias de la couverture des Alpes calcaires du Nord. Ce sentier, créé en 1985, présente sur 11 panneaux l'histoire géologique du massif, très proche de celle du massif Latemar puisque l'on y retrouve, en particulier, la succession de deux plates-formes carbonatées, une première au Trias moyen caractérisée par les calcaires du Weterstein qui forment le sommet du massif et une seconde au Trias supérieur qui a donnée naissance à la Dolomie principale, quand la dolomitisation a pu se réaliser, et aux calcaires de Dachstein quand elle n'a pas eu lieu.

- **Mise en tourisme des sites**

Lors du neuvième congrès international de géologie, en 1903, une excursion a conduit les congressistes dans le petit village de Predazzo. Cette zone du sud des Dolomites était en effet déjà célèbre auprès des géologues et la géologie avait commencé à y être mise en valeur par l'ouverture d'un musée sur ce thème en 1899. En 2004, la rénovation du bâtiment et de sa muséographie est devenu nécessaire et le nouveau bâtiment a ouvert ses portes en 2009. Dans le même temps le sentier d'interprétation de Dos Capèl qui datait déjà de plus de trente ans a été renouvelé, grâce au soutien des communes de Predazzo et Tesero, à l'initiative de l'office de développement touristique du Val di Fiemme, et avec l'aide de la société de remontée de mécanique qui exploite le domaine. 32 panneaux ont été posés et un fascicule d'accompagnement réédité.

Le sentier de Karrösten a été créé par l'association Geozentrum-Tirol. Celle-ci dirigée par Werner Schwarz tente depuis une vingtaine d'années de faire découvrir la géologie de la région à ses habitants en particulier aux scolaires mais aussi aux touristes. Soutenue par le programme de développement régional IRI ainsi que par des fonds européens, elle est aussi conseillée par le professeur Mostler de l'Université d'Innsbruck. De nombreuses réalisations ont ainsi pu voir le jour : des sentiers d'interprétation (geo-lehrpfad Winkelberg, Karrösten et Naturlehrpfad Forchet), des randonnées accompagnées en particulier aux gorges Rosengartenschlucht à Imst, ou bien vers d'autres destinations… Son fonctionnement est assez similaire de celui du Centre Briançonnais de Géologie Alpine, qui développe depuis une vingtaine d'années, lui aussi, autour de Briançon un important réseau de circuits de découvertes géologiques.

9.7 Les Dolomites, site emblématique du Trias alpin (n° 144, 156)

Le massif des Dolomites a déjà été cité plusieurs fois dans ce chapitre et le récent classement de celui-ci au patrimoine mondial de l'UNESCO montre combien les différents reliefs qui le composent illustrent de façon spectaculaire cette période de l'histoire des Alpes et au-delà, de l'histoire de la planète entière à cette époque. Les panoramas si caractéristiques de cette région proviennent des contrastes de l'action des agents de l'érosion sur les roches volcaniques sombres et tendres et les calcaires blancs et durs qui composent le substratum.

- **Un massif représentatif des plates-formes carbonatées du Trias**

De nombreuses découvertes qui marquèrent l'histoire de la géologie ont été faites au cœur des Dolomites tout au long des trois derniers siècles. Quelques étapes en sont particulièrement marquantes. Entre le 10 et 21 septembre 1789, Dieudonné Sylvain Guy Tancrède Grater de Dolomieu (1750-1801) parcourt le massif du Brenner où il récolte quelques échantillons de roches qu'il envoie à Genève en 1791. Un certain nombre de caisses disparaissent dans le naufrage de l'un des bateaux les convoyant, mais celles renfermant la « Dolomie » parviennent à Horace Benedict de Saussure qui décrit cette roche comme composée de carbonate de calcium et de magnésium, et lui donne le nom du célèbre chevalier géologue qui par extension deviendra celui du massif. Alors que le débat fait rage entre les Neptunistes et les Plutonistes, les Dolomites deviennent un site clé de la défense des idées de Hutton. Après un voyage dans le sud de l'Italie où Alexander Friedrich von Humboldt (1769-1859) accompagné de Leopold Von Buch (1774-1853) et de Louis Joseph Gay-Lussac (1778-1850) ont étudié les volcans actifs, les deux géologues allemands parcourent sur le chemin du retour les montagnes qui entourent le petit village de Predazzo. Là, ils tentent de décrypter les relations complexes entre le pluton granitique d'âge Ladinien qui s'insère au cœur des calcaires anisiens ainsi que les dépôts de basalte du même âge.

En 1860, François Freiherr von Richtofen (1833-1905) est le premier à attribuer la formation des roches calcaires des Dolomites à d'anciens récifs puis Georg Edmund von Mojsivovics (1835–1907) publie en 1879 « Die Dolomitriffe von Südtyrol und Venetien » ouvrage dans lequel il précise la stratigraphie de la région. Quelque peu délaissée par les géologues dans le première moitié du XXe siècle, la recherche fondamentale a repris dans le massif ces quarante dernières années (source : annexe 2.1 du dossier de candidature UNESCO). L'histoire géologique de la région est désormais bien comprise et peut être résumée ainsi :

A l'Anisien, une première vaste plate-forme s'installe. Alors que la subsidence provoque à l'Est son enfouissement elle émerge à l'Ouest subissant une importante phase d'érosion.

Elle est envahie au Ladinien terminal par des intrusions volcaniques de basalte shoshonitique. Cet événement magmatique a permis la formation d'édifices volcaniques complets ainsi que de nombreux dykes intrusifs. Une seconde plate-forme se développe au Ladinien.

Durant le Carnien, une crise profonde intervient à l'échelle mondiale qui voit la plupart des récifs évoluer vers des formations détritiques. A la fin de cette période la Dolomie principale se met en place (Bosellini, 2003 ; Stefani, 2004).

Dès le Miocène, l'émersion du massif permet à l'érosion de donner naissance aux tours, pinacles, pics et plate formes qui aujourd'hui caractérisent de façon si particulière les Dolomites. Ces formes géomorphologiques résultent donc de la composition géologique qui est à l'origine des caractéristiques extrinsèques des formations et qui gouverne les grandes lignes des morphostructures que l'on peut y observer. Mais son histoire locale récente est à l'origine de ses caractéristiques intrinsèques qui résultent de l'interaction entre les conditions locales et ce contexte géologique (Panizza, 2009).

- **Mise en valeur géotouristique**

Depuis longtemps, les paysages insolites de cette partie des Alpes ont attiré de nombreux voyageurs célèbres, ainsi Goethe les parcourt lors de son voyage en Italie en 1786. Dans le but

d'une découverte davantage ciblée sur les aspects géologiques, diverses structures ont été créées au fil du temps afin d'offrir au public une médiation scientifique de qualité. Le petit musée de Predazzo a déjà été présenté, il en existe deux autres : l'un dans le Haut Val Badia, un écomusée qui aborde la culture ladine mais aussi la géologie de cet étage géologique, un autre musée se situe à Cortina d'Ampezzo, il porte principalement sur les travaux du naturaliste Rinaldo Zardini (1902-1948) qui récolta au cours de ses nombreuses explorations au cœur des dolomites une riche collection de fossiles du triasiques régionaux. Il existe aussi des sentiers d'interprétation comme celui de Dos Capèl dont il a été question précédemment.

L'obtention du label UNESCO récompense les efforts de nombreux scientifiques, en particulier Mario Panizza, qui au cours du temps ont fait progresser les connaissances autour de cette partie des Alpes mais aussi des autorités politiques qui en maints endroits avaient déjà soutenu la mise en valeur du patrimoine géologique du massif.

9.8 Conclusion

Le Trias marque le début du cycle alpin. A cette époque, il n'y a, à l'emplacement des futures alpes, qu'une plate-forme faiblement immergée. Des événements identiques se déroulent à l'échelle du continent donnant naissance à des géosites présentant de nombreuses similitudes bien que dispersés aujourd'hui dans la chaîne alpine. Ainsi des dépôts salifères ou de certains gisements métallifères comme ceux de plomb et de zinc.

Une région des Alpes est devenue emblématique de cette période géologique, les Dolomites. La série stratigraphique y est en effet continue, le massif a été l'un des lieux clés de la compréhension de certains phénomènes fondamentaux de la géologie et l'érosion a sculpté au fil du temps des paysages d'une beauté exceptionnelle reconnus désormais par leur inscription à la liste du patrimoine mondial de l'UNESCO.

A la fin du Trias, un événement marquant a laissé une empreinte tectonique majeure dans la chaîne actuelle. Le premier sillon téthysien, celui de Hallstatt s'ouvre mais il n'aboutit pas, à la différence de son prolongement dans les Carpathes. Il marque toutefois la structure profonde de la future chaîne des Alpes puisqu'il sépare toujours, l'Austroalpin du Sudalpin sous le nom de faille insubrienne (Debelmas et al., 2008). Accident tectonique majeur cette structure verticale décrochante dextre vient s'enraciner profondément dans le manteau (20 km) et s'amortit horizontalement le long du chevauchement Pennique frontal.

Souvent bien visible dans le paysage, le canton du Tessin en a réalisé une mise en valeur originale, s'appuyant sur d'autres expériences dont la passerelle « Sky-walk », aux Etats-Unis, au-dessus du Grand Canyon. Le « point de vue géologique » (Figure 3.24) a été conçu par l'architecte Paolo Burgi sur le sommet de la Cimetta qui domine le Lac majeur près de Locarno. C'est une plate forme jetée au dessus du vide et qui permet une plongée dans le paysage, l'accent étant mis sur la ligne insubrienne qui le traverse. La peur ancestrale du vide, conjuguée au rêve d'Icare sont les ingrédients d'une émotion qui provient ici de l'exacerbation de la perception de l'espace par le fait d'y plonger le visiteur. Le message géologique est cependant présent puisque tout autour de la plate-forme sont disposés les roches caractéristiques de l'Austro et du Sud-alpin.

Figure 3.24 : Le « Point de vue géologique » - Tessin / Suisse (source : Cardada.ch)

Chapitre 10 : Le Jurassique, ouverture de l'océan alpin

Au Jurassique s'affirme un régime distensif déjà commencé à la fin du Trias. Le rifting est en cours, il aboutira durant le Jurassique moyen à l'ouverture de l'océan liguro-piémontais. Dans un premier temps, la subsidence qui accompagne le rifting provoque l'ennoiement des récifs qui s'épanouissaient à la fin du Trias en bordure de la vaste plate-forme carbonatée. Puis, la mise en place des marges continentales passives provoque l'apparition de failles normales, de blocs basculés et de failles de décrochement. Dans le domaine externe, l'organisation en blocs basculés dissymétriques est encore bien visible dans le paysage au sud-est de Grenoble. Cette activité détermine des domaines paléogéographiques aux caractéristiques bien tranchées qui expliquent les variations de faciès observées dans les différentes colonnes stratigraphiques des séries jurassiques. Ainsi, le basculement des blocs provoque l'émersion de domaines entiers comme le haut fond briançonnais dont les calcaires triasiques subissent alors une phase de karstification. Dans d'autres cas, cette activité tectonique provoque des glissements importants des dépôts sédimentaires non encore stabilisés.

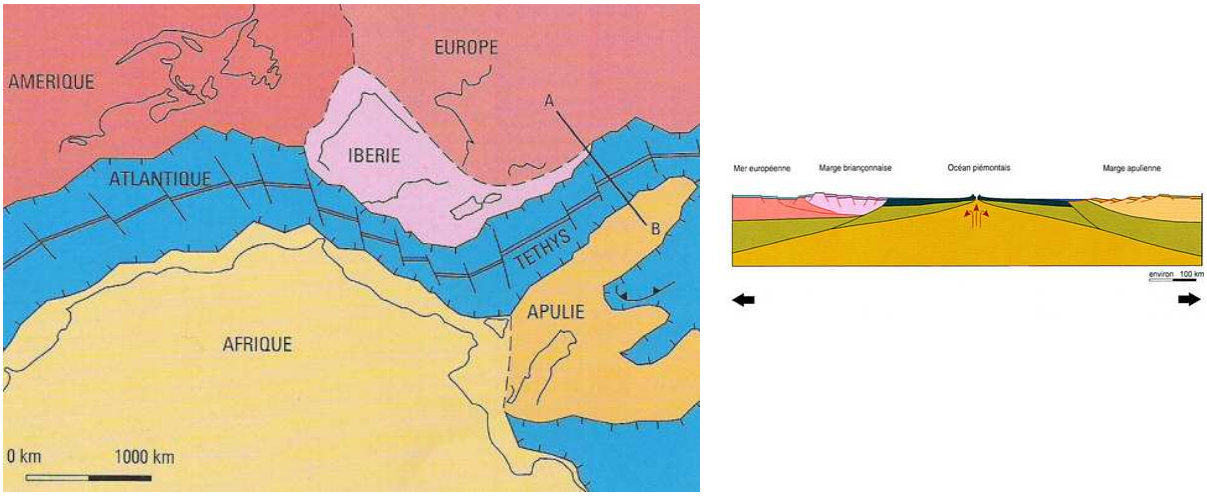
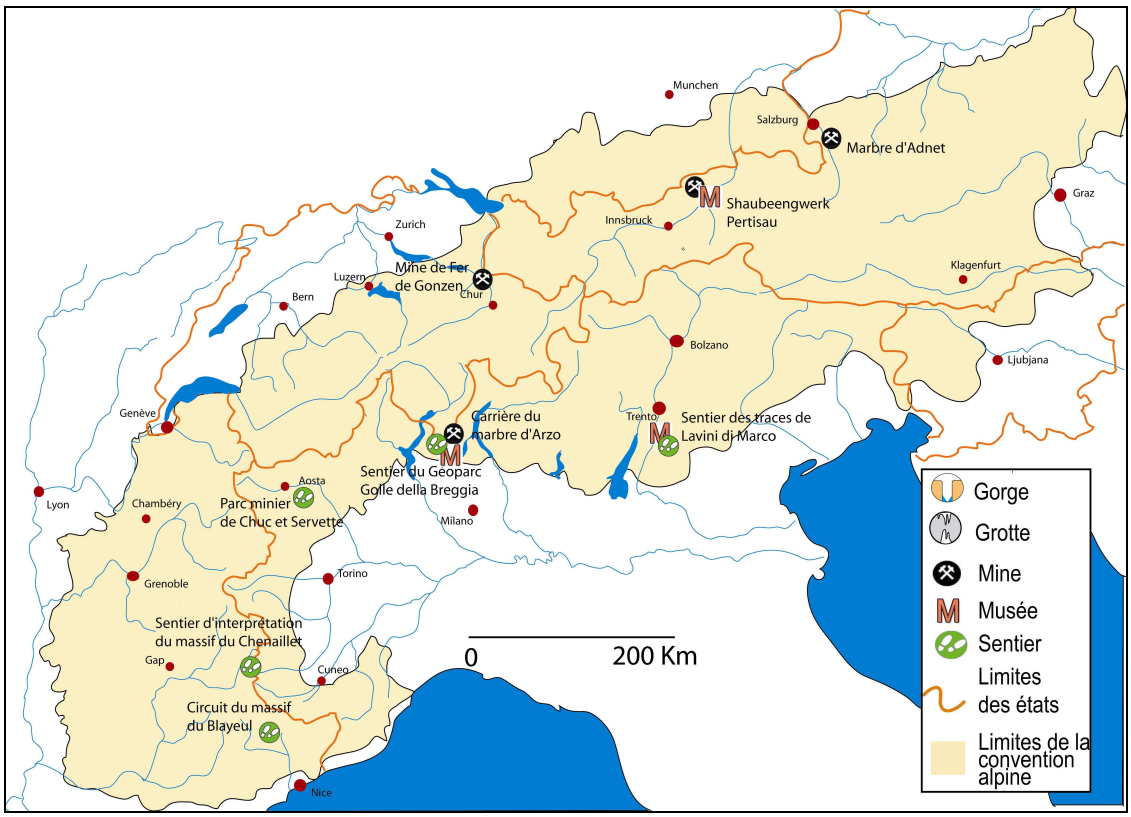


Figure 3.25 : Reconstitution paléogéographique de l'océan liguro-piémontais (Marthaler, 2001)

La marge passive européenne présente, se succédant d'ouest en est (Figure 3.25 suivant A-B) : un bassin profond, le bassin dauphinois ou helvétique, le haut-fond briançonnais puis, le bassin piémontais. On retrouve une organisation symétrique sur la marge continentale apulo-africaine. L'amincissement crustal consécutif au rifting provoque la rupture continentale il y a environ 165 millions d'années. L'océan liguro-piémontais est né. Cette ouverture est contemporaine de celle de l'Atlantique sud. La subsidence thermique qui accompagne la rupture du socle continental se traduit par une généralisation des dépôts de mer profonde.
Au delà de la présentation très classique de ce rifting, il n'est pas toujours simple d'attribuer les séries jurassiques à telle ou telle marge de cet océan, en effet de nombreuses unités ont disparu dans la subduction.

10.1 Répartition spatio-temporelle des sites retenus

Une dizaine de sites géotouristiques ont été retenus. Ils permettent de reconstituer l'histoire des deux marges océaniques en cours de formation ainsi que celle de l'océan lui-même. Ils sont présentés en respectant leur position paléogéographique de l'époque, quant elle a pu être déterminée, la compression alpine ayant ensuite provoqué le chevauchement de terrains appartenant aux deux marges donc séparés alors d'environ mille kilomètres (Carte 3.4, Figure 3.26).



Carte 3.4 Répartition géographique des sites jurassiques retenus

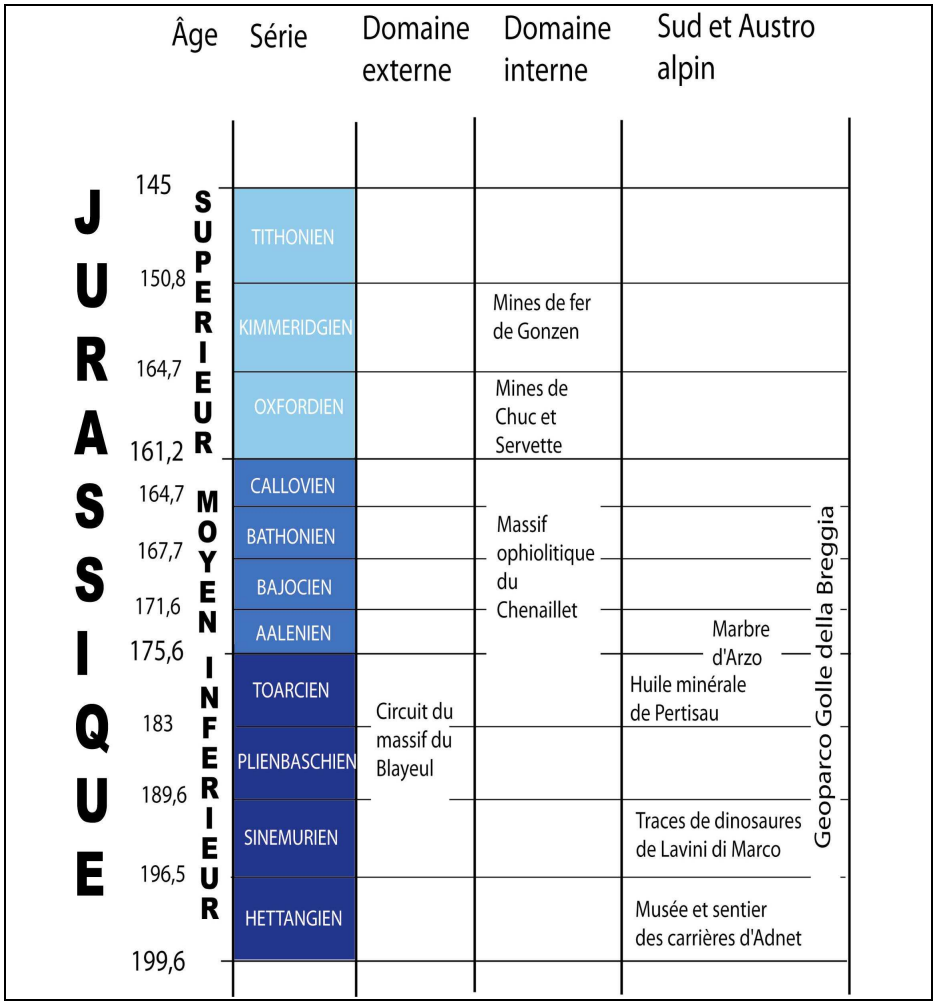


Figure 3.26 : Répartition stratigraphique jurassiques des sites retenus

10.2 Eléments de l'histoire jurassique de la marge européenne

L'interprétation des différents éléments constitutifs de la paléo-marge européenne est facilitée par de moindres perturbations consécutives à la compression puis la collision qui vont intervenir à la fin du Crétacé.

10.2.1 Les gisements fossilifères de la Réserve Géologique de Haute-Provence (n° 20, 22)

Autour de Digne-les-Bains l'inventaire du patrimoine géologique réalisé par la Réserve a inventorié plus de 600 sites, 18 d'entre eux ont été classés pour leur intérêt paléontologique.

- **Les gisements fossilifères autour de Digne-les-Bains**

La série sédimentaire jurassique de la nappe de Digne abrite plusieurs types de gisements fossilifères remarquables. A la sortie de Digne, en direction de Barles, se trouve la Dalle à Ammonites des Isnards, découverte au milieu du XXe siècle mais qui n'a été dégagée qu'en 1984. Elle expose, sur une surface de quelques 350 m^2 plus de 1500 empreintes d'ammonites dont 90 % sont représentées par *Coroniceras multicostatum*. On trouve aussi des pectens, bivalves et pentacrines. Ce niveau de sédimentation date du Sinémurien. L'abondance du gisement résulte d'un taux de sédimentation extrêmement réduit d'environ 1 millimètre par an d'où l'effet de concentration observé. Le Toarcien inférieur abrite des fossiles d'Ichtyosaures dans au moins 6 sites. Sur le site de La Robine, un fossile d'Ichtyosaure a été découvert en 1978. Daté de 187 millions d'années, il repose sur la surface ferruginisée du toit des calcaires boudinées du Domérien supérieur (aujourd'hui Plienbaschien) en raison d'une lacune de dépôt de 2 millions d'années, correspondant à la base du toarcien inférieur. Des conditions paléogéographiques favorables ont permis la fossilisation exceptionnelle de l'animal. A la mort de ce reptile marin, les conditions anoxiques avérées par la présence de pyrite, ont permis sa conservation. Le basculement de blocs liés au rifting en cours, et qui explique le boudinage des calcaires consécutif à des slumps, a permis un enfouissement rapide en raison du piège à sédimentation ainsi constitué (Floquet, 2003). Le Toarcien moyen est caractérisé par la présence presque exclusive d'une faune à Ammonites et Nautiles dont l'accumulation serait due à une sédimentation très réduite liée à de larges ouvertures et transgression marines ainsi qu'à une crise de production des carbonates à cette époque.

- **Des gisements aux musées de sites**

La dalle des Isnards, l'Ichtyosaure de la Robine sont intégrés dans un circuit géotouristique routier qui permet en une journée de faire le tour du massif du Blayeul en ménageant un certain nombre d'arrêts tout au long du parcours pour aller observer les sites remarquables situées au bord ou à quelques kilomètres de la route. Les aménagements réalisés permettent d'observer directement les géotopes aménagés afin d'être protégés au mieux de l'érosion par les agents atmosphériques (Figure 3.27).

Figure 3.27 : Aménagement du site de l'Ichtyosaure

Récemment et après de nouvelles investigations réalisées aux alentours du village de Prads, un nouveau site a été aménagé, il permet de découvrir là aussi les restes d'un Ichtyosaure à 2400 m d'altitude. Si la qualité des fossiles retrouvés dans la région ne peut être comparée à celle du gisement d'Holzmaden dans le Jura souabe, c'est par la diversité des sites, plus d'une vingtaine, et leur extension dans le temps, puisque certains fossiles sont datés du Jurassique inférieur tandis que d'autres sont d'âge crétacé que la région de Digne peut être qualifiée de remarquable.

La dalle aux ammonites a été l'objet d'une valorisation originale puisque cette surface unique au monde a été entièrement moulée, reproduite et vendue pour la coquette somme d'un million de francs à la ville de Kamaichi, dans le nord du Japon. Là-bas, la «fausse dalle» a été le clou d'une exposition qui a reçu plus de 2 millions de visiteurs.

10.2.2 Les mines de fer de Gonzen (n° 221)

Dans le canton de St-Gall, près de la petite ville de Sargans, une intenese activité minière a marqué l'histoire de la région.

- **Origine du gisement**

Le fer exploité à Gonzen est de l'hématite, un oxyde de formule : Fe_2O_3 qui donne une trace rouge à la rayure. Il se présente sous la forme d'un minerai d'une teneur moyenne de 53 %. Le gisement se développe dans le domaine helvétique très fortement plissé d'où les difficultés pour suivre les filons interstratifiés dans les calcaires du Malm.

- **Histoire de l'exploitation**

L'exploitation du fer a commencé à l'époque romaine, dès 200 av. J.C.. Elle s'est poursuivie ensuite, de façon plus ou moins continue et l'on retrouve la trace du fer de Gonzen dans les canons utilisés par Charles le Téméraire dans la bataille de Morat, qu'il perdit malgré son artillerie, en 1476. A l époque, le fer était transformé dans des fonderies installées à Plons, Mels et Flums. En 1823, Johann Georg Neher rachète les mines et la fonderie de Plons mais le développement des chemins de fer au milieu du siècle se traduit par une demande croissante en fer et la modernisation d'exploitations concurrentielles à celles de Gonzen qui finit par fermer. Une nouvelle société voit le jour en 1919 : la Société des mines de fer de Gonzen. L'exploitation se poursuit dans l'entre-deux guerres au rythme de 250 t/an mais la fonte du minerai se fait désormais dans la Rhur.

A l'époque, le minerai extrait au niveau du village minier de Naus était descendu dans la vallée par un câble jusqu'à Malerva près de Sargans. Pendant la seconde guerre mondiale, 400 personnes travaillent au sein de la société minière ce qui permet l'indépendance du pays en matière d'approvisionnement en fer.

La baisse des cours mondiaux entraîne la fermeture définitive des mines en 1966. Plus de deux millions de tonnes de fer en auront été extrait, le réseau de galeries atteignant alors près de 90 km.

- **Mise en tourisme**

L'association Pro Gonzenbergwerk organise depuis 1983 des visites de la mine proposées sous plusieurs formes, qui doivent être réservée à l'avance, la mine n'étant pas ouverte à la visite en permanence. La visite classique emprunte le train de la mine puis permet de découvrir différentes phases de l'histoire de l'exploitation.Une visite de deux jours dont le départ se fait dans l'après-midi permet dans un premier temps de parcourir le circuit classique puis les visiteurs dorment au village minier de Naus à 1000 m d'altitude. Une soirée est alors proposée dans la mine. Le lendemain, les parties les plus anciennes de l'exploitation sont parcourues en remontant régulièrement. Le retour se fait à l'extérieur par un sentier qui descend le long de la forêt de Gonzen.

Cette offre géotouristique est une des offres phares du géopark suisse Sarganserland – Walensee – Glarnerland qui vient de bénéficier de l'inscription au patrimoine mondial de l'UNESCO en raison d'une autre caractéristique géologique majeure de la région, le chevauchement des Glaris.

10.3 Eléments de l'histoire jurassique de la marge apulo-africaine

Les Alpes internes abritent des terrains issus de la marge apulo-africaine donc de la rive sud de l'océan liguro-piémontais. Un certain nombre de géosites, certains connus depuis fort longtemps et d'autres découverts plus récemment, illustrent les principales étapes de l'évolution de cette marge sud de l'océan liguro-piémontais.

10.3.1 Le marbre d'Adnet (n° 302)

A quelques kilomètres au sud de Salzbourg, ce marbre bigarré est exploité depuis de nombreux siècles. Au cours du XIXe siècle des géologues ont arpenté ces carrières afin de comprendre l'origine de ces roches.

- **Origine du gisement**

Le passage de la limite Trias-Jurassique est marqué par l'extinction en masse de nombreuses espèces marines et en particulier la disparition de l'ensemble des récifs qui s'étaient développés sur les plates-formes épicontinentales de la Pangée. Au début du Jurassique, la plate-forme austro-alpine s'ennoie et voit périr l'ensemble de ses récifs qui forment aujourd'hui les calcaires du Dachstein. Il semble que cela soit dû à une baisse du taux de sédimentation mais pas à une fluctuation de la vitesse de subsidence. La sédimentation jurassique qui se met alors en place prograde sur les paléoreliefs. A l'Hettangien, la formation de Schnöll se dépose au pied de la pente des anciens récifs, dans des eaux anoxiques où les éponges siliceuses sont fortement représentées. Les niches écologiques laissées vacantes vont progressivement être colonisées par ces éponges qui subissent alors une radiation évolutive importante. Les groupes les plus représentés sont les Hexactinellides et les Démosponges dont les spicules même non rigides ont été parfaitement conservés grâce à des conditions de sédimentation favorables (Delecat, 2005).

- **Histoire de l'exploitation**

Les calcaires exploités à Adnet, sont souvent appelés marbres de Schnöll. Deux autres appellations existent aussi : les rot et weiss Tropf d'Adnet. L'extraction de ces marbres est ancienne. La marbrerie Kiefer exploite le gisement depuis 1887. Ce marbre a été utilisé pour la construction de la cathédrale St Stéphane, de l'opéra national ainsi que la gare centrale à Vienne.

- **Mise en tourisme**

Déjà, au milieu du XIXe siècle, Adam Sedwick (1785-1873), et Murchison (1792-1871) arpentaient ces carrières afin d'essayer de comprendre l'origine de ces affleurements et le neuvième congrès géologique international de Vienne en 1903 y organisa une excursion de terrain. Il faut toutefois attendre la fin du XXe siècle pour qu'un musée voit le jour, dans le village d'Adnet, en 1992. Puis, sous l'impulsion du professeur Christian Uhlir de l'Université de Salzbourg, un groupe de recherche CHC Archaeometry and Cultural Heritage Computing a été créé avec pour objectif la mise en valeur des carrières d'intérêt historique à l'échelle européenne, dans le cadre du programme européen Historic quarries WP2. Ces recherches ont permis d'évaluer l'intérêt, historique, économique, culturel et social des carrières d'Adnet dans le but de réaliser des sentiers d'interprétation et des visites guidées pour le grand public.

10.3.2 Les traces de Dinosaures des Lavini di Marco (n° 153, 154)

La région du Trentin, au sud des Dolomites, abrite plusieurs sites paléontologiques remarquables dont celui-ci découvert il y a une vingtaine d'années. Depuis d'autres sites ont été mis à jour renouvelant l'histoire de ce groupe de reptiles dans cette partie de l'Europe.

- **Découverte des gisements et recherches paléontologiques**

En 1988, lors d'une promenade sur les flancs du mont Zugna, au-dessus de Roveretto, un naturaliste amateur, Luciano Chemini découvre, à la lumière rasante d'un lever de soleil, des dépressions rondes très régulièrement réparties. Ces traces seront rapidement attribuées à des dinosaures par des spécialistes du Muséum de Trente. Le paléontologue Giuseppe Leonardi entame dès 1992, l'étude scientifique du site avec l'aide du géologue Paolo Mietto. Les pistes se retrouvent sur 6 niveaux différents et une épaisseur d'environ 5 à 6 m. Les dinosaures ont donc traversé le site pendant plus de 12 millions d'années, il y a environ 200 millions d'années, au Jurassique inférieur, à la limite Hettangien/Sinémurien. Plus de 1000 empreintes ont été recensées dont 46 pistes individuelles sur près de 11 km^{2}. Les empreintes majoritairement représentées sont celles de Théropodes, des dinosaures bipèdes aux empreintes tridactyles en général carnivores et que l'on regroupe dans l'ordre des saurischiens avec les sauropodes,

quadrupèdes aux empreintes rondes. Les ornithopodes appartiennent à l'autre ordre, celui des ornitischiens. Ils sont aussi bipèdes en général herbivores avec des traces tridactyles mais sans griffes marquée sur le doigt central. Toutes les traces portent une dénomination ROLM pour Rovereto Lavini di Marco (Avanzini, 2002).

Figure 3.28 : aménagement du site des Lavini di Marco

De nombreuses traces et pistes de dinosaures ont été ainsi retrouvées au cours de ces vingt dernières années dans différents sites de la plate-forme carbonatée péri-adriatique qui affleure aujourd'hui en Italie, Slovénie et Croatie. Alors qu'une carcasse peut flotter et être déposée loin du lieu où l'animal vivait, ces traces témoignent du passage répété de dinosaures terrestres dans des zones souvent comparées à la plate-forme des Bahamas actuelles. Certaines empreintes, découvertes dans le Cénomanien d'Istrie, ont même été retrouvées dans des strates attribuées au domaine marin car riches en rudistes, d'où l'hypothèse émergente d'une mauvaise connaissance de ces milieux de sédimentation (Dalla Vecchia, 2008). Ainsi, la présence répétée de l'ichnoespèce *Kayentapus* sur une aire biogéographique allant de la Pangée à ce gisement de Lavini di Marco démontre l'existence de connections émergées entre continent et « plate-forme » .

- **Mise en tourisme des gisements**

Un sentier a vu le jour afin de rejoindre les aménagements (Figure 3.28) qui permettent d'observer les pistes de dinosaures. C'est l'action conjointe du Service géologique de la province autonome de Trente et du muséum d'histoire naturelle de cette même province qui a permis la mise en valeur de ce géosite exceptionnel. Le sentier d'interprétation évoque, outre les traces de dinosaures, l'écroulement historique que Dante Alighieri décrit dans sa divine comédie. Le flanc est de la vallée de l'Adige, occupé ici par les pentes du Mont Zugna, est constitué d'une vaste dalle monoclinale inclinée à 22°. Celle-ci est formée de calcaire de la partie médiane de la formation de Calcari Grigi. Entre les lits de calcaire, s'intercalent des sédiments plus argileux causes de la fragilité de l'ensemble. Plusieurs glissements historiques se sont produits dont celui de Lavini di Marco sur plus de 7 km^2. Le musée civique de Roveretto organise régulièrement des visites guidées sur le site de l'écroulement et des traces de dinosaures.

10.3.3 Les gorges de la Breggia (n°204)

Au sud du Tessin, sur les flancs du Monte Generoso, ces gorges entaillent une série sédimentaire continue couvrant près de 200 millions d'années de l'histoire des Alpes. Les traces d'un certain nombre d'activités industrielles, liées aux ressources minérales présentes dans ces gorges, y sont encore bien visibles.

- **Origine géologique du site**

La base des dépôts est représentée par le calcaire de Moltrasio qui signe le début du rifting et commence à se déposer au Sinémurien, à la base du Jurassique inférieur, il y a quelque 200 millions d'années. Ces calcaires constituent la plus grande partie du Monte Generoso, tout proche. L'épaisseur de cette formation peut atteindre 4000 mètres et témoigne de son dépôt dans le bassin du Generoso en subsidence durant tout le Jurassique inférieur, à la vitesse de 300 à 400 mètres par million d'années. La faille de Lugano, une faille listrique qui atteint le socle, sépare le demi-graben du même nom du demi-horst d'Arbostora, série de hauts-fonds dans

lesquels les mouvements tectoniques qui accompagnent le rifting provoquent la formation de brèches.
L'approfondissement du bassin est à l'origine d'une série d'abord calcaire puis siliceuse. Une formation d'ammonotico rosso lombardo, d'une épaisseur d'environ quinze mètres présente une couleur qui en fait l'une des roches les plus remarquables du parc. La vitesse de sédimentation atteint ici sa valeur minimale : 2m/million d'année. La concentration fossilifère y est importante et Carl Renz y a recensé 110 espèces. Les alternances marno-calcaires y sont particulièrement nettes. Après le dépôt de radiolarites, la série jurassique s'achève par une couche à Aptycus, opercules fossiles qui permettaient à l'ammonite de se protéger des prédateurs au fond de sa coquille.
Composés de calcite ils auraient mieux résisté aux grandes profondeur de leur dépôt que l'aragonite du test des ammonites (Stockar, 2003). La série stratigraphique se poursuit jusqu'au Cénomanien, à la base du Crétacé supérieur, s'achevant par des flyschs qui témoignent de l'arrivée de matériaux détritiques liés à la naissance de relief continentaux vers la fin du mésozoïque. Une lacune de dépôt de près de 90 millions d'années, précède une sédimentation continentale discordante qui achève la série (Figure 3.29, 3.30).

- **Des gorges au Géoparc**

Au début des années 1980, le musée cantonal d'histoire naturelle de Lugano envisage la création d'un sentier naturaliste au fond des gorges. Dans le même temps, quelques enseignants de l'école de Tapage décident de rouvrir les portes du moulin Ghitello. Une fondation est alors créée, une pétition lancée et le moulin finalement acheté. Il devient quelques années après la maison du parc. En 1985, un premier rapport est produit par le musée cantonal afin de mettre en avant l'intérêt scientifique exceptionnel de ces gorges et la nécessité de les protéger. En 1991, la fondation avec l'aide de l'Association des amis du parc qui s'est créée entre temps ouvre le premier tronçon du sentier à l'occasion du sept centième anniversaire de la confédération. En 1997, les autorités cantonales soutiennent financièrement le projet, dans leur plan d'utilisation cantonale (PUC) et les travaux de rénovation du bâtiment et de création du sentier commencent. Le 15 Septembre 2001, le géoparc Gole della Breggia est inauguré et trois ans plus tard le sentier d'interprétation ouvert au public dans sa totalité. Le label est ici un label propre à la confédération helvétique mais ne correspond pas au label *European Geopark*. Bien que d'une superficie réduite (1 km^2), c'est le plus petit parc naturel de Suisse, ces gorges sont inscrites à l'inventaire national (IFP 1803) et font aussi partie de la liste des géotopes d'importance nationale.

Figure 3.29 : Le calcaire de Moltrasio

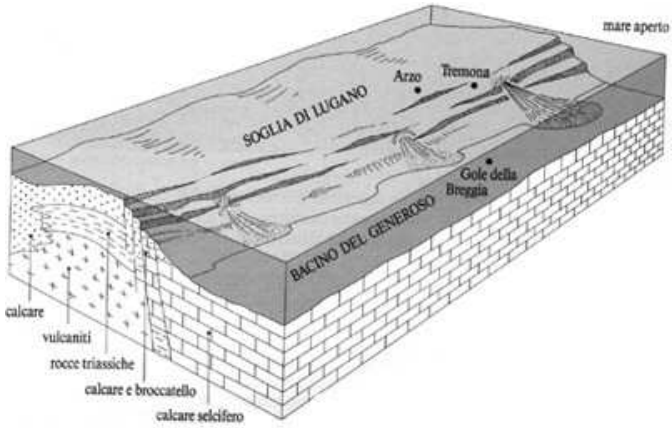


Figure 3.30 : Reconstitution Paléogéographique du bassin de Lugano

10.3.4 Les marbres ornementaux d'Arzo (n° 205)

Non loin de là, sur les flancs du Monte San Giorgio déjà évoqué précédemment, un marbre renommé a été exploité depuis plusieurs siècles.

- **Origine de la formation**

La Dolomie principale, qui s'est déposée à la fin du Trias, émerge au début du Jurassique et subit une phase de karstification. La distension liasique s'accompagne d'une importante transgression marine sur une marge continentale passive en cours de formation. Le basculement des blocs donne alors naissance à un haut-fond, le seuil d'Arzo-Besazio-Tremona, qui se retrouve encadré à l'est et à l'ouest par deux bassins en subsidence : le Bacino Generoso et le Bacino Nudo. Entre ces deux bassins et le demi-horst d'Arbostora se forme un système complexe de larges fissures qui vont progressivement se remplir de brèches polychromes alimentés par des éléments hétérogènes mis en mouvement par l'intense activité tectonique. Les fissures les plus anciennes datent du Rhétien mais la majeure partie s'est formée au Lias inférieur. Quant aux plus jeunes, elles seraient apparues lors de la formation des calcaires marneux du Lias supérieur. Ainsi les failles extensives qui ont atteint les sédiments calcaires déposés avant le rifting ont été remplies par divers matériaux sédimentaires soit anciens, pré-rift, entraînés par des événements tectonique contemporains, soit syn-rift. Le tout dans une matrice rouge caractéristique. Au sud d'Arzo, des affleurement de sédiments post-rift ont été exploités sous le nom de molinello d'Arzo.

- **Histoire de l'exploitation**

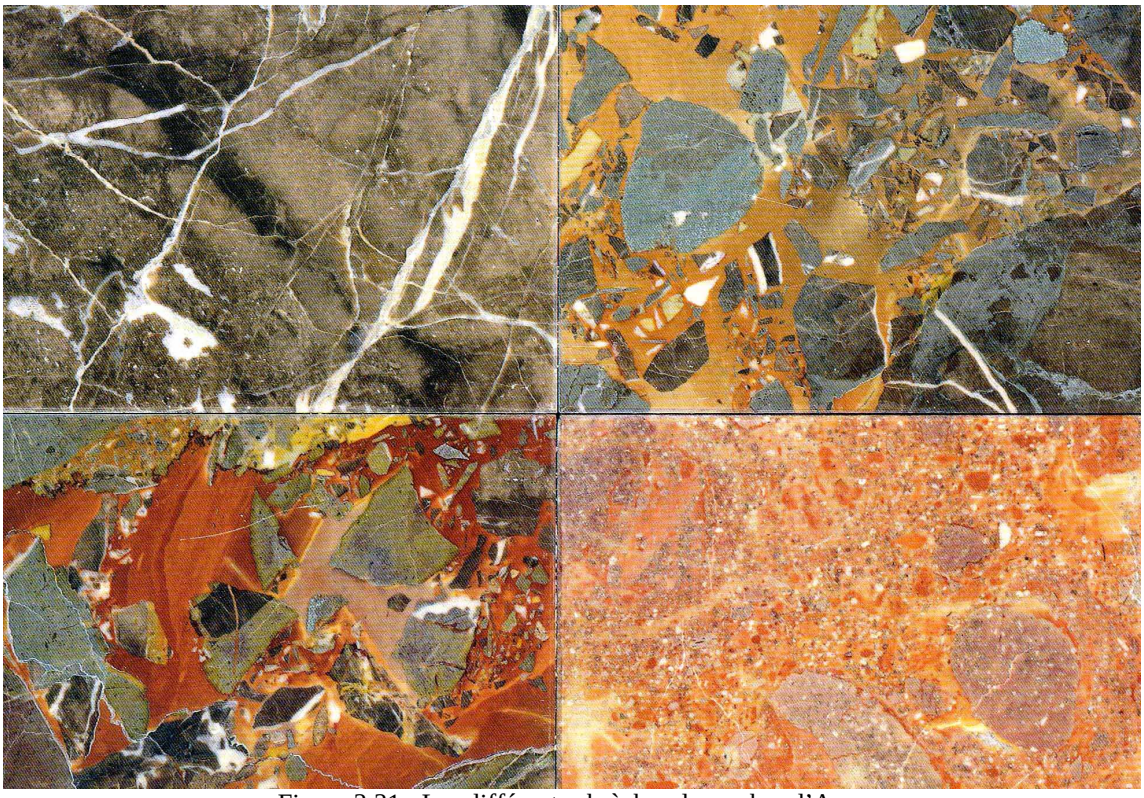


Figure 3.31 : Les différentes brèches du marbre d'Arzo

Trois types de marbres sont exploités aux alentours de la commune d'Arzo : le Brocatello, un calcaire micritique bioclastique de couleur rouge contenant de nombreux éléments de squelettes de Brachiopodes et de crinoïdes, la Macchiaveccia, une brèche syn-génétique, multicolore et veinée de calcite, le Rosso, un calcaire de couleur rouge sombre veiné lui aussi de calcite (Figure 3.31).

Dès 1300, l'utilisation des marbres d'Arzo est signalée dans la construction du palais communal de Come ou du duomo de Milan. Au XVIIe siècle dans son traité d'architecture, Scamozzi, attribue le tour de la sainte porte de St Pierre de Rome à la Macchiavecchia rouge (Bugini, 2008). L'une des exploitations actuelles est dirigée par la famille Rossi depuis 5 générations. Les blocs sont désormais découpés au fil de diamant. Le marbre est utilisé en dallage, parement de cheminée, colonnade… et sert dans la sculpture. Des stages de sculpture sur marbre sont d'ailleurs organisés afin de développer la connaissance de cette pierre.

L'aménagement d'un sentier de découverte des différentes exploitations est prévu dans un des volets du projet Interreg qui accompagne la désignation du Monte San Giorgio au patrimoine mondial de l'UNESCO.

10.3.5 Les mines d'huile minérale de Pertisau (n° 283)

Au Toarcien, à la fin du Jurassique inférieur, un événement anoxique majeur laisse son empreinte sur une grande partie de la planète conduisant à une extinction de masse dont on retrouve un témoin dans ce gisement de schistes bitumineux des Alpes calcaires du Nord.

- **Origine de la formation**

Les formations bitumineuses apparaissent à différents niveaux de la série stratigraphique des Alpes calcaires du Nord : les schistes de Seefeld dans la dolomie principale attribués au Norien, les calcaires de Gosau du Crétacé supérieur et les schistes de Häringer de l'Oligocène. Le gisement qui nous intéresse ici, inclus dans les marnes de Bächental du massif de Karwendel, est attribué au Toarcien, il y a 180 millions d'années environ. Il possède un taux de bitume de 1700 à 13 300 ppm (Kodina, 1988).
Ces lits bitumineux se rencontrent dans de nombreuses séries contemporaines tout autour de la planète, et sont attribués à l'événement anoxique du Toarcien. A cette époque, la forte activité volcanique génère un taux de CO_2 atmosphérique élevé qui, combiné à des températures chaudes, a conduit à une forte productivité primaire. La transgression liasique provoque dans le même temps une accumulation de cette matière organique dans des bassins anoxiques. Alors que ces conditions géodynamiques générales se traduisent par un point haut sur la courbe à long terme du $\delta^{13}C$. On observe aussi un accident négatif de ce taux dont la cause est encore sujette à débat : mécanisme local lié à une stratification de la colonne d'eau ou mécanisme global lié au relarguage brutal de fortes quantité de méthane présents dans les hydrates de gaz.

- **Histoire de l'exploitation :**

Un premier gisement est découvert par Martin Albrecht en 1902, dans le massif du Geisalm sur la rive occidentale de l'Achensee, mais une avalanche emporte en 1917 l'ensemble des installations. Un autre gisement est rapidement mis en exploitation dans la vallée de Bächental par la société Gebrüder Albrecht Ltd. Cette carrière, à ciel ouvert, assure une extraction familiale de cette huile minérale aux vertus thérapeutiques. De la roche, chauffée à 450 °C, est extrait la matière organique qui, une fois distillée et traitée, est utilisée en cosmétique mais aussi pour soigner les rhumatismes, les problèmes circulatoires...

- **Mise en tourisme du site**

La petite carrière, située dans le massif des Karwendel n'est plus exploitée que de façon très artisanale, et des visites guidées y sont organisées durant la saison estivale. A Pertisau, un centre d'interprétation a ouvert ses portes en 2002. Il présente l'histoire de l'exploitation, le travail des mineurs, les découvertes paléontologiques qui ont pu être réalisées lors de l'exploitation... Des cures sont aussi proposées qui permettent de découvrir sous la forme de spa les bienfaits de cette huile. Pendant le bain, des explications sont données sur l'origine géologique de cette huile.

10.3.6 Récapitulation

Les géosites touristiques retenus permettent de reconstituer les principaux événements ayant affecté la paléomarge apulo-africaine qui devait s'étendre sur 250 à 300 km de large environ. Ennoiement de la plate-forme austro-alpine, basculements de blocs et organisation en demi-graben qui s'accompagne de variations importantes des conditions de sédimentation. On peut aussi y suivre quelques événements marquant de l'histoire des organismes vivants avec l'expansion des dinosaures mais aussi l'événement anoxique du Toarcien, il y a environ 180 millions d'années. D'une portée qui dépasse la marge continentale considérée et trahit des évolutions géodynamiques importantes à l'échelle de l'ensemble de la planète.

Les prémisses du rifting qui donnera naissance à l'océan valaisan au cours du Crétacé, bien étudiés dans la région des Grisons n'ont pas encore donné lieu à une forme de médiation scientifique à destination du grand public.

10.4 Les témoins de l'océan alpin

Des séries complètes ou partielles du plancher océanique de l'océan liguro-piémontais ont été retrouvées près d'Arosa, dans la région de Zermatt, au fond des vals d'Hérens et d'Anniviers et bien sûr au Mont Viso, mais celle du Chenaillet est la plus spectaculaire (Marthaler, 2001).

10.4.1 Le massif du Chenaillet (n° 31)

Le massif du Chenaillet, à quelques kilomètres à l'Est de Briançon, expose une série caractéristique d'un plancher océanique, lambeau de l'océan liguro-piémontais, dont le rifting a débuté il y a 190 millions d'années.

- **Origine de la formation**

Le type de série exposé appartient au « Lherzolites Ophiolite Types (LOT) » qui correspondent aux dorsales lentes, de type atlantique. Ces LOT ont une croûte réduite, discontinue, voire absente et un manteau lherzolitique formé d'une péridotite à orthopyroxène et clinopyroxène dominants. Ce manteau est souvent serpentinisé, les péridotites ayant subi une transformation par hydratation. Deux successions ophiolitiques peuvent être observées au Chenaillet. L'unité supérieure n'a subi qu'un métamorphisme très faible (faciès à Prehnite-Pumpelleyite) alors que l'unité inférieure a subi un métamorphisme de haute-pression à faciès schistes bleus. La série ophiolitique du Chenaillet que l'on aborde à partir du col des douaniers présente successivement : des péridotites (roches du manteau) altérées en serpentine, des gabbros qui ont cristallisé au fond de la chambre magmatique et dont les plagioclases présentent des couronnes de hornblende puis de chlorite et d'actinote liées au métamorphisme alpin, enfin les basaltes en coussins.

Des ophicalcites sont intercalées entre basaltes et sédiments ou bien entre serpentinites et gabbros. Ces brèches formées de carbonates, de serpentinites et de gabbros témoignent d'une fracturation qui peut avoir une origine hydraulique ou tectonique. Des minéralisations peuvent y être associées. Ainsi, des dépôts sulfurés sont observés à l'interface entre le sommet du manteau dénudé et les premiers sédiments certainement dus à l'action de fumeurs noirs. Les mines de cuivre de St-Véran exploitaient ce type de minerai.

Des datations paléontologiques (De Wever, 1995), et radiochronologiques témoignent de l'ouverture vers 165 millions d'années de l'océan liguro-piémontais marqué par l'apparition du plancher océanique, puis, autour de 160 millions d'années, de l'expansion de l'océan marqué par le dépôt des premiers sédiments riches en radiolaires (Figure 3.32).

Une lave en coussin

Panneau et falaise au collet vert

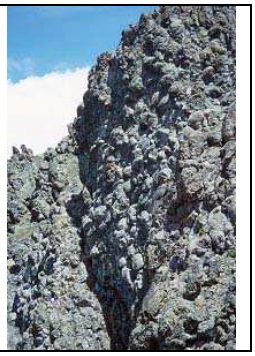


Figure 3.32 : Le géosite du Chenaillet

- **Histoire de la mise en tourisme : le Centre briançonnais de géologie alpine**

Le CBGA agit depuis plus de 20 ans pour la mise en valeur du patrimoine géologique dans le territoire du briançonnais. Créé à l'initiative de Raymond Cirio alors enseignant de SVT au lycée de Briançon, il devait répondre aux besoins de formation des enseignants rendu nécessaire par l'apparition de la tectonique des plaques dans les programmes de terminale et la mise en place de la classe de terrain un peu après.
Les efforts ont porté initialement sur la mise en valeur des principaux géosites qui dans le briançonnais permettaient d'illustrer l'histoire des Alpes. Des chercheurs ont alors participé à l'aventure dont Jacques Debelmas de l'Institut Dolomieu de Grenoble, Marcel Lemoine directeur de recherche CNRS à Grenoble et Pierre Thomas de l'ENS de Lyon. Une équipe de médiateurs scientifiques a été formée sur place afin de guider sur le terrain les scolaires ou les enseignants en stage. La plupart sont des accompagnateurs en montagne. Désormais la structure a pour projet la création d'une maison de la géologie, d'un nouveau bâtiment d'hébergement mais aussi l'homogénéisation des balisages de sentier…
Le programme «Les monts nés de la mer » a relancé ces aménagements liés à la géologie dans toute la zone frontalière entre Briançon et Sestrières : sentiers d'interprétation, jardin de pierre, carrière de marbre vert, laboratoire de didactique scolaire et programmes de recherche, autant de projet qui poursuivent les efforts initiés dans la région depuis déjà longtemps. Depuis peu les itinéraires de découverte géologique du Chenaillet ont été intégrés aux itinéraires géotouristiques de la Via Geo-alpina.

10.4.2 Les gisements métallifères des méta-ophiolites du Piémont (n° 112)

Dans le Val d'Aoste, les ophiolites ont connu lors du métamorphisme alpin une phase de minéralisation qui a conduit à la formation de gisements exploitables.

- **Origine du gisement**

Les filons exploités appartiennent aux méta-ophiolites du Piémont, restes du plancher océanique de l'océan liguro-piémontais. La vallée de St-Marcel s'ouvre dans la partie supérieure de cette série caractérisée par un métamorphisme de haute-pression qui résulte de la subduction provoquée par la fermeture de l'océan datée ici de l'Eocène, il y a 52 à 43 millions d'années. Le long du parcours, différentes roches sont rencontrées dont des schistes à grenats. Les différents gisements s'échelonnent entre les altitudes de 1717 m et 1890 m en deux filons principaux, orientés ENE de 3 à 4 mètres d'épaisseur.
A Servette, de la chalcopyrite ($CuFeS_2$) a été extraite pour produire du cuivre, puis, au XXe siècle de la pyrite ($CuFeS_2$) a été exploitée à Chuc afin d'en extraire le soufre nécessaire à la fabrication d'acide sulfurique, de sulfates et de fertilisants.

- **Histoire de l'exploitation :**

L'exploitation aurait commencé à l'époque romaine d'après la forme des galeries mais la reprise postérieure en a fait disparaître la plupart des traces. Jusqu'au XVIIe siècle, le minerai extrait était transformé dans des bas-fourneaux installés au plus près des lieux d'extraction et utilisant le bois présent à proximité. On retrouve des traces des bas fourneaux ainsi que des tas de scories de four accumulées au cours des siècles. Au XVIIIe siècle, les mines furent redécouvertes et exploitées à nouveau. Le minerai était alors travaillé sur place et le métal extrait dans le haut-fourneau de Trèves. En 1918, un téléphérique à sept pylônes est construit afin de transporter la pyrite jusqu'à la laverie située 670 m plus bas au bord du torrent. Mais en 1940, la rupture du câble porteur le rend inutilisable.
Les bâtiments des mineurs, l'entrée des galeries, les aménagements extérieurs d'alimentation en air comprimé… sont encore bien visibles sur l'ensemble du parcours.
Des études d'archéométallurgie ont été conduites sur les scories de fours retrouvés près des installations. Ces scories résultent principalement de la fusion des résidus du matériau stérile du minerai, des cendres de combustion du charbon et de matériaux rocheux finement broyés que l'on ajoutait afin de faciliter la séparation de la fraction métallique et de la gangue. Il existe deux types de scories de four : les scories d'évacuation qui proviennent du refroidissement des résidus de fusion évacués par les ouvertures pratiquées à la base du four ainsi que les scories

brutes restées à l'intérieur du four et évacués à chaque fin de cycle de cuisson et qui peuvent encore renfermer du minerai non fondu ainsi que des restes de charbon de bois.
L'étude de ces scories de fours, par Simone Tumiati, a permis de dater au carbone 14 les charbons que l'on peut y retrouver mais les données doivent encore être précisées. L'analyse des associations minérales qui ont été retrouvés dans les résidus de fusion a elle, permis d'évaluer la température de fusion du minerai estimée aux alentours de 1100°C. Enfin, l'étude anthracologique témoigne de l'histoire des changements environnementaux qui ont accompagnés l'exploitation forestière nécessaire à l'alimentation des fours des mineurs. On observe une prédominance du sapin par rapport au mélèze dans les résidus retrouvés alors que le recensement forestier de 1993 montre une proportion inverse. L'exploitation forestière intensive aurait donc favorisé le mélèze, espèce pionnière qui apprécie le soleil.

- **Histoire de la mise en tourisme**

La création du sentier d'interprétation de Chuc et Servette qui a vu le jour en 2004 est le résultat d'un programme Interreg monté en partenariat avec les mines de St Georges d'Hurtières en Savoie. L'enveloppe financière d'un montant global de 242 713 euros a servi à financer des études scientifiques qui ont permis de mieux comprendre l'histoire géologique de ces sites mais aussi la création de ce sentier qui a pour but de promouvoir l'histoire minière locale.

10.5 Conclusion

Au Jurassique les deux paléomarges passives de l'océan liguro-piémontais se structurent en horsts-grabens offrant une grande variété de conditions de sédimentation. Au Jurassique moyen, il y a quelques 165 millions d'années le rift s'océanise et un plancher ophiolitique se met en place. La subsidence thermique devient suffisante pour provoquer l'immersion des marges et l'apparition de dépôts pélagiques. Le rift devait être dissymétrique puisque l'on ne retrouve pas l'équivalent du bloc surélevé briançonnais sur la paléo-marge apulo-africaine.
Les sites retenus illustrent tantôt des événements géologique de portée locale comme les pistes de dinosaures des Lavini di Marco, régionale comme la série ophiolitique du Chenaillet mais aussi globale comme les mines de Pertisau qui témoignent d'un événement anoxique de portée mondiale. Les gorges de la Breggia qui présentent une série continue débutant à la base du Jurassique sont un site majeur pour cette période. Ce géosite du sud du Tessin regroupe des géotopes stratigraphiques, sédimentologiques, géomorphologiques, mais aussi miniers sur un espace circonscrit. Désormais reconnues et valorisées par le label géoparcs de la confédération helvétique, ces gorges mériteraient d'être mieux connues pour leur représentativité de cette période géologique, la qualité de leur mise en tourisme ainsi que leur facilité d'accès et de visite.

Chapitre 11 : Le Crétacé, le début de la subduction océanique

Il y a 130 millions d'années environ, l'ouverture de l'Atlantique nord induit une rotation de la plaque ibérique qui devient dans le même temps indépendante. Un nouveau bras océanique voit le jour, l'océan valaisan dans le prolongement vers l'est de l'ouverture du golfe de Gascogne. Les ophiolites du Versoyen près du col du Petit St-Bernard mais aussi les massifs ophiolitiques que l'on peut observer au cœur de la fenêtre des Hohe Tauern et de Rechnitz en sont les témoins (Lemoine, 2000).

Ce domaine océanique valaisan est resté étroit et a commencé à se refermer dès la fin du Crétacé. L'Ibérie est devenue alors un micro-continent dont la pointe est correspondait à la péninsule briançonnaise. L'ouverture du rift n'a d'ailleurs pas été complète puisque la partie sud des Alpes occidentales et la Provence n'ont pas été océanisés. Ce micro-continent ibérique dérive alors vers le sud-est et dans le même temps, l'Apulie, jusqu'alors rattachée à l'Afrique, s'en détache et commence une migration vers le Nord. Ces deux événements, combinés à l'ouverture de l'Atlantique sud qui induit une rotation anti-horaire de l'Afrique, stoppent l'extension de l'océan Piémontais (Figure 3.33).

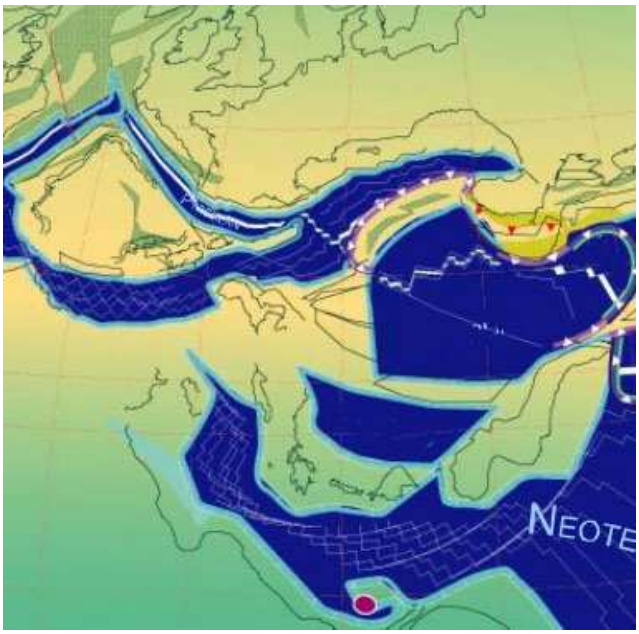


Figure 3.33 : paléogéographie alpine au Crétacé (source : objectif Terre)

A la fin du Crétacé supérieur, la subduction océanique sous le continent africain commence, la marge apulo-africaine devient active. Une grande partie des Alpes orientales est alors émergée et l'érosion commence à s'attaquer à ces reliefs, donnant naissance au cycle sédimentaire de Gosau. Alors que la subduction progresse, la profondeur des bassins va rapidement devenir bathyale puis abyssale. Ce phénomène va se poursuivre pendant plus de 50 millions d'années à la vitesse estimée de quelque 3 centimètres par an ce qui donne une largeur initiale probable de l'océan liguro-piémontais d'environ 1500 km.

La fin de l'ère Mésozoïque est marquée par l'extinction de masse la plus emblématique de l'histoire de notre planète dont on retrouve la trace dans les sédiments par la limite K/T, enregistrée dans quelques coupes de référence des Alpes calcaires du Nord.

Très peu de sites à l'échelle de l'arc alpin mettent en valeur dans le cadre de pratiques géotouristiques cette partie de l'histoire alpine. Dans les Alpes calcaires du Nord, deux épisodes de l'histoire géologique du bassin de Gosau font cependant, l'objet d'une valorisation : l'approfondissement du bassin lié à la subduction qui a donné naissance à la formation des marbres de Untersberg et la limite Crétacé/Tertiaire qui est enregistrée dans plusieurs sites au sein de ce massif. En Suisse, un sentier géodidactique au départ du village de Furi, au-dessus de Zermatt permet de visualiser le plan de subduction entre le reste de 'océan piémontais et la nappe de la dent blanche.

11.1 Les marbres de Untersberg (n° 300)

A quelques kilomètres au sud-ouest de Salzbourg, le mont Untersberg est entaillé par plusieurs carrières qui en exploitent la roche.

- **Origine géologique**

Les marbres de Untersberg sont des brèches et conglomérats calcaires, de couleur crème à jaune et rose. Ils appartiennent à la série de Gosau qui présente deux sous-unités séparées par une discordance angulaire. La série inférieure déposée en milieu terrestre à marin, à la fin du Turonien il y a 90 millions d'années, renferme un certain nombre d'éléments allochtones en provenance de l'érosion des terres émergées proches. L'unité supérieure enregistre le soudain approfondissement du bassin lié à la subduction en cours, à la limite Campanien/Maastrichien, il y a 70 millions d'années. Les profondeurs enregistrées ont été estimées entre 500 et 2500 mètres (Wagreich, 1995). Entre les deux sous-unités, une phase d'émersion a entraîné l'érosion d'une partie de l'unité inférieure.

- **De l'exploitation du marbre à sa muséographie**

Figure 3.34 : Façade de la Cathédrale de Salzbourg en marbre d'Untersberg

L'utilisation du marbre de Untersberg est connue depuis l'époque romaine. Puis, au XVIe siècle, les carrières sont exploitées par l'archevêché local et le marbre se répand dans toute l'Europe. Au XIXe siècle les marbreries Kieffer sont créées. Elles sont encore en activité et se partagent avec la société Wallinger le travail du marbre d'Untersberg. De nombreux monuments tant à Salzbourg (façade de la cathédrale de la ville (Figure 3.34), qu'à Vienne (colonne de la Trinité) témoignent de l'importance de l'utilisation de cette pierre marbrière dont la porosité très réduite la rend particulièrement résistante aux intempéries.

Comme dans de nombreux sites d'exploitation marbrière, la mise en valeur touristique s'organise autour de plusieurs pôles : la visite des carrières, dont certaines sont encore en activité, un écomusée situé au cœur du village, un sentier de découverte des différents sites et enfin des stages de sculpture organisés dans les carrières de Fürstenbrunn qui offrent à des artistes la possibilité de se familiariser avec ce marbre. Afin de développer cet aspect géotouristique, un programme européen soutenu par le DG culture a permis d'améliorer les connaissances historiques concernant ces marbres et leur exploitation. Ce programme, dirigé par le professeur Christian Uhlir est le même qui a permis de mettre en valeur les marbres d'Adnet tout proches.

11.2 La région de Gams et le géoparc Eisenwurzen (n° 359, 353)

Autour du village de Gams au cœur du parc naturel d'Eisenwurzen, devenu *European Geoparc*, de nombreux affleurements racontent près de 250 millions d'années de l'histoire alpine mais c'est surtout pour son illustration du crétacé supérieur et de la limite K/T que cette région est reconnue. Ainsi, dans la série inférieure de Gosau qui affleure dans le parc on trouve de nombreux fossiles d'un gastéropode : *Trochactaeon lamarcki*. Dans le cadre du programme Geoline (voir 1.2.3), un safari a été créé le long de la gorge de Waagraben afin de découvrir l'histoire géologique de celle-ci en partant à la recherche des escargots vivants et fossiles que cette gorge abrite.

- **La limite K/T**

A la fin des années 1970, Walter Alvarez attribue la présence d'iridium dans la plupart des strates déposées au passage de la limite Crétacé Tertiaire à un impact météoritique qui serait à l'origine de l'extinction en masse qui marque cette période. Les fortes émissions volcaniques contemporaines semblent alors reculer dans les hypothèses explicatives des modifications environnementales subies alors par la planète. Progressivement cependant, une combinaison des deux facteurs apparaît davantage compatible avec l'ensemble des observations faites sur les différents affleurements de cette limite K/T à l'échelle de la planète. En effet, les dépôts riches en iridium ne sont pas cantonnés à une seule strate au cœur des séries sédimentaires, et progressivement ce marqueur perd sa spécificité comme témoin d'un d'impact météoritique.

Au cœur des Alpes calcaires du Nord, à la partie supérieure de la formation de Gosau, trois séries d'affleurements montrent la limite K/T : Elendgraben près du village de Russbach (Preisinger, 1986), Rotwardgraben et la région de Gams.

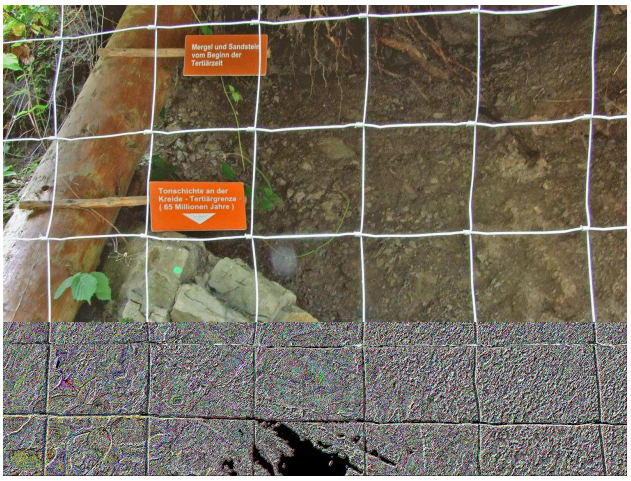


Figure 3.35 : Affleurement de Gams 1 (source : Kollmann 2009)

Autour du village de Gams plusieurs affleurements peuvent être observés.

Le long du cours supérieur de la rivière éponyme, la limite K/T peut être suivie et le professeur Preisinger en a délimité plusieurs affleurements démonstratifs :

Affleurement Gams 1 (Figure 3.35) : situé près du torrent de Knappengraben, le site s'ouvre dans la formation de Nierental. Un bloc de 30 sur 22 cm et d'une épaisseur de 4 cm surnommé « *monolithe* » en a été extrait afin de permettre une étude approfondie. Un autre affleurement existe en rive droite de la rivière toujours dans la formation de Nierental..

La limite K/T étudiée ici correspond à une strate de quelques cm d'épaisseur alors qu'elle atteint près de 20 cm dans l'affleurement de la section Forada en Italie. Ces différences sont bien sûr dues à des taux de sédimentation extrêmement variables d'un point à l'autre de la planète d'où des corrélations difficiles à réaliser.

Deux niveaux peuvent être distingués dans l'affleurement de Gams1, le premier correspond à un intervalle temporel de quelque 1500 ans principalement influencé par un volcanisme important marqué entre autre par un pic d'arsenic dans l'analyse géochimique de la strate ainsi qu'un environnement anoxique caractérisé par l'abondance de pyrite dans les dépôts. Cette activité pourrait être liée à la présence d'un panache mantellique.

L'augmentation consécutive de l'activité volcanique aurait libéré de grandes quantités d'arsenic à l'origine d'une contamination massive des espèces animales. Des œufs de dinosaures datant de cette période retrouvés en Chine montrent une telle augmentation de cet élément (Grachev, 2009). Ce premier événement aurait déstabilisé une grande partie des écosystèmes planétaires soumis quelques temps après à l'impact météoritique.

- **De l'affleurement au géozentrum de Gams**

Le parc naturel Eisenwurzen a été labellisé European geopark en 2002. Peu après, le centre d'interprétation ouvrait ses portes dans le petit village de Gams de 600 habitants. Il présente outre la limite K/T (Figure 3.36), de nombreux géosites que l'on peut observer au sein du parc : les gorges De Northklamm, les affleurements de jaillet….

Figure 3.36 : Le monolithe au géocentre

11.3 Le Cervin et la subduction de l'océan piémontais (n° 184)

Dans la région de Zermatt, le paysage du Cervin témoigne de la subduction de l'océan piémontais sous le continent africain.

- **Un paysage géodidactique**

Les hautes Alpes valaisannes permettent de contempler d'un seul regard deux continents ainsi que les restes de l'océan qui les séparait. « *Le Cervin (4447 m), est ainsi un radeau*

continental « échoué » sur les restes d'un océan disparu » (Marthaler, 2003). Il permet de retrouver, dans le temps, les traces des quatre ères géologiques.

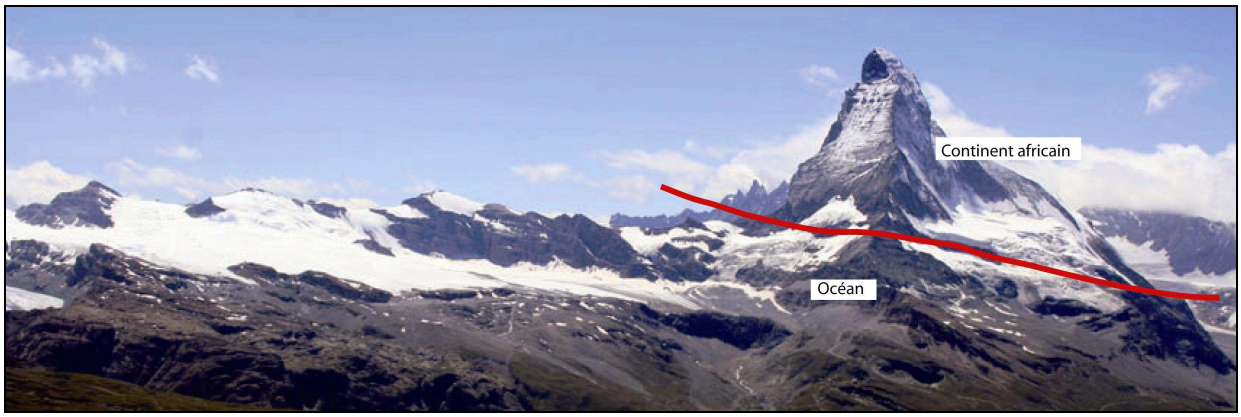


Figure 3.37 : La pyramide du Cervin (source : geoalpes.ch Micha Schlupp)

La géomorphologie révèle dans le paysage le contraste entre les pentes douces sur lesquelles se pratique le ski qui sont les restes du plancher océanique et la pyramide abrupte du Cervin paradis des alpinistes formée par les roches d'origine gondwanienne.

- **Mise en tourisme du paysage du Cervin**

L'Office du tourisme de Zermatt, avec l'aide de Michel Marthaler et Micha Schlupp de l'Université de Lausanne, a créé en 2005, un sentier géodidactique au Gletschergarten au-dessus de Furi. Cette offre est complétée l'été par des visites de terrain encadrées par Micha Schlupp et organisées par l'Office du tourisme.

11.4 Conclusion

Au Crétacé supérieur, l'ouverture de l'Atlantique sud a pour conséquence la subduction de l'océan liguro-piémontais sous le continent africain et la mise en place d'un prisme océanique à matériel océanique (Principalement ophiolites et flysch à Helminthoïdes). Malgré l'importance de cet épisode dans l'histoire d'une chaîne de montagne, peu de sites géotouristiques ont été inventoriés concernant cette période et ces événements précisément.

Dans le cadre de l'Année Internationale de la planète Terre et en partenariat avec la galerie Euréka de Chambéry, le laboratoire EDYTEM (Cayla et Tritenne, 2008) de l'Université de Savoie a comblé en partie cette lacune en réalisant un fascicule de découverte de la géologie dans la ville de Chambéry. En effet, les massifs subalpins externes présentent une puissante série crétacée marquée en particulier par les calcaires urgoniens d'une épaisseur de plus de 500 mètres. De nombreux affleurements de cette série ainsi que de celle du Jurassique qui l'a précédé ont été exploités en carrière pour fournir les différents matériaux de construction de la ville. Ainsi, les marno-calcaires berriasiens présentent une composition propice à la fabrication du ciment, découverte réalisée par Louis Vicat (1786-1861) à Grenoble au début du XIXe siècle et qui a donné naissance aux grandes exploitations souterraines de ciment en Chartreuse. Bien que de nombreux travaux aient été conduit dans cette région, sur la stratigraphie, mais aussi le célèbre écroulement du Granier, aucune médiation scientifique pérenne n'en a été réalisée. Les efforts conduits par le Parc naturel régional de Chartreuse ont déjà permis la mise en valeur d'anciennes carrières de meules datant du Cénozoïque par un sentier d'interprétation, espérons que des expériences similaires permettront un jour de faire découvrir aux randonneurs les événements qui conduisirent en 1248 à l'écroulement de 5 millions de m^3 de la falaise urgonienne entraînant le glissement de 500 millions de m^3 des marno-calcaires sous-jacents.

Un autre aspect important de l'histoire géologique de la planète au Crétacé est l'exceptionnel réchauffement climatique qui a marqué cette époque, puisque l'augmentation des températures moyennes terrestres a été estimé à près de 6 degrés par rapport à l'actuel (Lynas,

2008). Des dépôts rouges caractéristiques peuvent être observés en différents endroits des Alpes. Les principaux affleurements se rencontrent dans le Chablais avec le « Rouge des Dranses » que l'on peut observer au lac d'Arvouin, aux Cornettes de Bises, au Pont du Diable… A l'heure où le réchauffement climatique est un réel enjeu pour nos sociétés, il serait intéressant de s'appuyer sur un certain nombre de géotopes qui à l'échelle de la chaîne alpine peuvent raconter les fluctuations naturelles qui ont marqué, par le passé, l'histoire de notre planète afin de mieux informer le « géocitoyen » des conséquences probables du réchauffement actuel que celui-ci soit d'origine naturelle ou anthropique.

Chapitre 12 : Le Cénozoïque et l'édification des reliefs alpins.

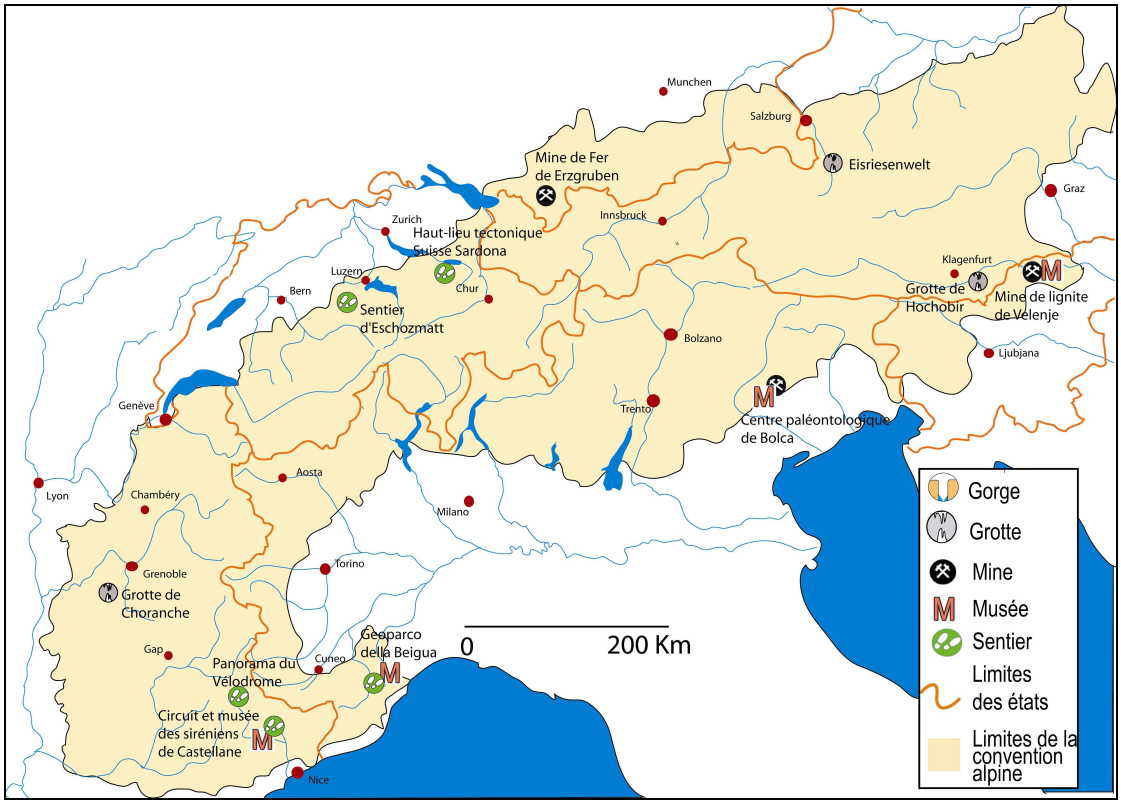
Le Paléocène s'ouvre sur un domaine alpin présentant une géographie fortement contrastée. A l'ouest, le domaine helvétique et subalpin est soumis à une phase d'émersion et l'érosion provoque la karstification des affleurements de calcaires urgoniens. Ce domaine est encore bordé au sud par l'océan valaisan qui va bientôt se refermer. Au centre, le domaine briançonnais subducte sous la marge active apulo-africaine, il subit une première phase métamorphique qui affecte une partie de sa croûte continentale et donnera naissance aux massifs cristallins internes de Dora-Maira. A l'Est, le domaine austro-alpin qui constitue la marge active commence à chevaucher le prisme d'accrétion océanique (la zone piémontaise) qui s'est construit au cours du Crétacé (Marthaler, 2001)

Au cours de l'Eocène, sur les terres émergés, l'érosion poursuit son lent travail. Sous un climat tropical celle-ci donne naissance au sidérolithique qui va se trouver piégé dans les poches de karst préexistantes. Dans les zones encore immergées se déposent, en discordance sur les couches qui les ont précédées, d'importantes séries de flyschs qui témoignent aussi de l'érosion continentale.

A la charnière Eocène-Oligocène, le flux thermique élevé va contribuer à la formation des intrusions de granodiorites calcoalcalines de l'Adamello (45-28 Ma) et du Val Bregaglia, Biella et Traversella (32-27 Ma) ainsi que les andésites de Canavèse (33 à 29 Ma) (Debelmas, 2008)

Au cours du Miocène-Pliocène, la surrection de la chaîne par superposition des nappes provoque des flexures successives de la croûte donnant naissance aux bassins d'avant-arc qui permettent une dernière incursion marine et le dépôt des produits de l'érosion de la chaîne : la série des molasses. Sur les terres émergées, des dépôts végétaux donneront naissance au lignite exploité en différents points de la chaîne, autour de Chambéry, en Autriche et en Slovénie avec des sites toujours en activité.

12.1 Répartition spatio-temporelle des sites retenus



Carte 3.5 : Répartition géographique des sites Cénozoïques retenus

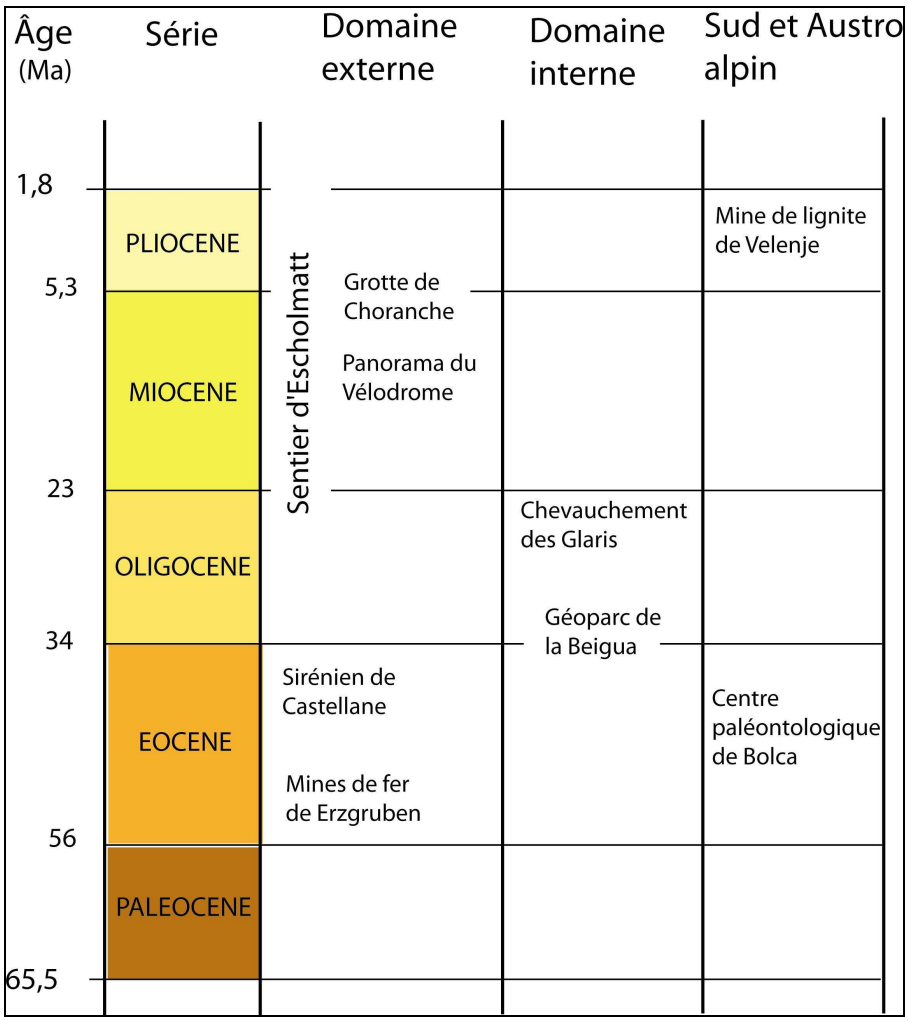


Figure 3.37 : Répartition stratigraphique des sites Cénozoïques retenus

Dans ce chapitre, les sites sont présentés en suivant un ordre chronologique.

12.2 A l'Eocène, des dépôts encore marins

A l'Eocène, une grande partie des futures Alpes sont encore immergées comme en témoigne le site fossilifère du Monte bolca, l'un des plus célèbres d'Italie. Mais un certain nombre de sites subissent déjà une émersion, immédiatement suivie par l'action de l'érosion donnant naissance à des gisements de fer que l'on retrouve dans plusieurs endroits des Alpes. A la fin de l'Eocène, la mer transgresse à nouveau.

12.2.1 Les minerais de fer de Erzgruben (n° 251)

Souvent qualifiés de sidérolithique, ces dépôts de fer sont liés à l'érosion continentale sous climat tropical de sols latéritiques avec concentration du fer. Ce type de dépôt a été conservé dans les poches karstiques où il s'est accumulé, comme dans les massifs subalpins, mais dans le cas présenté ici, il est intercalé au sein de calcaires marins.

- **Origine géologique**

Les gisements appartiennent à l'Eocène des nappes Helvétiques. Des concentrations similaires existent à Pankraz près de Salzbourg, Kressenberg près de Traunstein, Nebeuren dans la vallée de l'Inn ainsi qu'à Hohenems dans le Vorarlberg. D'une teneur comprise entre 10 et 33 %, ces minerais ont constitué une source locale d'approvisionnement rapidement concurrencée au cours du XXe siècle par l'extension du chemin de fer et la circulation de matière première en provenance de gisements d'une meilleure rentabilité.

Déposés au cœur des calcaires nummulitiques, parfois même au sein de poches karstiques, ce minerai est le résultat d'un double processus, la pédogenèse sous climat tropical avec latéritisation puis la concentration des particules d'hématite en minerai qui se retrouve ici mélangé au sein des calcaires marins. En effet, cette partie des Alpes était soumise à l'époque à des fluctuations récurrentes du niveau marin.

- **De l'exploitation du minerai à la création du complexe touristique minier**

Le minerai de fer est exploité depuis le Moyen-Âge sur les flancs du mont Grünten. D'abord extrait en surface, l'augmentation des besoins nécessita le creusement de galeries. La fusion, elle aussi réalisée d'abord localement, à Starzlach fut dès le 17e siècle déplacée vers Sonhtofen, où arrivait le minerai extrait de plusieurs sites. Mais les gisements, de faible importance ne purent résister lorsque le chemin de fer permit de convoyer facilement et à bon marché cette matière première.

Dans les années 1990 un groupe de passionnés redécouvre les anciennes mines qui sillonnent le massif du Grünten. La municipalité de Burgberg soutient les travaux de l'association et rachète même les droits concernant le sol et le sous-sol du massif. Dans le cadre d'un programme Interreg III A, un projet transfrontalier voit alors le jour. Il va permettre de créer le centre d'interprétation et d'adapter la visite des galeries au public pour un coût d'un million d'euros.

12.2.2 Le gisement fossilifère du Monte Bolca (n° 159)

A 25 km au nord-est de Vérone, le gisement paléontologique du Monte Bolca est connu par ses fossiles de poissons depuis le milieu du seizième siècle.

- **Origine géologique**

Le gisement de La Pesciara est constitué de cinq niveaux fossilifères superposés constitués par des terrains calcaires dont l'épaisseur ne dépasse pas vingt mètres et dont les couches présentent un fort pendage vers le sud-est. La tectonique active qui accompagne dans la région, les débuts de l'orogenèse alpine provoque la formation d'un graben délimité par des failles marquées par une intense activité volcanique. Au cœur de ces dépôts volcaniques, s'intercalent des niveaux sédimentaires calcaires comme ceux de La Pesciara. Les fossiles sont parfaitement conservés, en position anatomique et n'ont pas été perturbés, après être tombés sur le fond, par la faune, ce qui suggère des conditions impropres au développement d'une vie benthique : salinité de l'eau importante, conditions anoxiques ou taux de sédimentation élevé. L'étude des nannofossiles calcaires retrouvés dans le gisement a permis de dater celui-ci de la limite Eocène inférieur-Eocène moyen soit il y a à peu près 46 millions d'années. Le nombre de genre différents qui y ont été recensés oscille entre 140 et 200. Ils caractérisent une association correspondant à des eaux côtières tempérées à sub-tropicales. De nouveaux travaux scientifiques ont été conduit au cours du siècle passé en particulier par le Muséum d'histoire naturelle de Vérone qui a ouvert une nouvelle galerie dans le gisement en respectant les règles d'une fouille paléontologique.

- **Mise en tourisme**

Dès le milieu du XVIe siècle, des fossiles du Monte Bolca figurent déjà dans les collections de Ulyssus Aldrovandi (1522-1605) ainsi que celles de Francesco Calzolari (1522-1609) (Gaudant, 2005). Jean-françois Séguier (1703 1784), naturaliste nîmois qui séjourne à Vérone sous la protection du marquis Scipione Maffei de 1736 à la mort de ce dernier en 1755 à tout le loisir d'étudier ces fossiles dont le gisement a été acheté par son hôte (Chapron, 2008). Depuis, de nombreux paléontologues ont visité le site comme en témoigne le paragraphe développé précédemment sur les naturalistes voyageurs dans les Alpes (cf. 5.1). En 1817, la famille Cerato, arrivée à Bolca dans la seconde moitié du XVIIIe siècle obtient, du marquis Antonio Maffei, la location et le droit d'exploiter le gisement désormais appelé « Pesciara » pour en extraire les fossiles. La famille achètera ensuite la carrière et « inventera » le métier de « carriers de fossiles ». Un autre exemple est connu de cette exploitation familiale à travers le temps d'un important gisement fossilifère, celui de la carrière de schistes bitumineux de

Holzmaden dans le Jura souabe. Outre la visite de la mine, la famille Cerato a ouvert un musée dans le petit village de Bolca.

12.2.3 Les siréniens de Castellane (n° 16, 17)

La transgression nummulitique priabonienne envahit le synclinal de Taulanne à l'Eocène supérieur y déposant des calcaires littoraux qui renferment plusieurs gisements de siréniens fossiles.

- **Origine géologique**

Alfred-Félix De Lapparent découvre le gisement en 1938, celui-ci est ensuite prospecté par Freudenthal, puis Heal à la fin des années soixante. En raison de son intérêt remarquable, (il n'existe aucun autre site de ce type en France), la Réserve Géologique de Haute-Provence décide avec le Professeur Domming (Howard University de Washington, Etats-Unis) et Didier Marchand (CNRS de Dijon) plusieurs campagnes de fouilles entre 1994 et 2000. Une thèse est réalisée par Claire Sagne du Muséum National d'Histoire Naturelle en 2001.
Elle démontre que ces restes fossiles, principalement un crâne et une mandibule, trouvés dans les calcaires littoraux du synclinal de Taulanne, appartiennent à un nouveau taxon : *Halitherium taulannense*, espèce de dugongidé nord-téthysien qui vécut il y a 40 millions d'années, à l'Eocène supérieur dans cette mer nummulitique qui transgresse de façon limitée sur les zones externes des Alpes en cours d'émersion.

- **Mise en tourisme**

Figure 3.38 : Panneau d'interprétation

L'offre géotouristique se décline en deux pôles : un centre d'interprétation des sirènes, situé au cœur du village de Castellane, complété par un sentier qui, du col de Lecques, conduit au ravin de Tabori ou un musée de site à été aménagé. Le centre d'interprétation, associe aux découvertes paléontologiques qui permettent de reconstituer la paléogéographie éocène de la région, des éléments liés aux mythes des sirènes. Depuis son ouverture en 1998, sa fréquentation reste stable autour de 4000 visiteurs annuels. Le sentier conduit à l'un des sites de fouilles, aménagé afin de pouvoir à la fois observer *in situ* les fossiles mais aussi comprendre leur histoire. Le coût de cet aménagement qui comprend, entre autre une surface vitrée blindée de 37 m^2, s'est élevé à 74 000 euros (Figure 3.38). Les études scientifiques, l'aménagement du site et la création du musée ont bénéficié de financements Leader ainsi que du soutien du département des Alpes de Haute-Provence.

12.3 Le soulèvement de la chaîne et l'accélération des phénomènes érosifs

Alors que le soulèvement de la chaîne est entamé, les premiers dépôts molassiques se mettent en place dans les bassins périphériques. En raison de l'âge de la surrection, plus ancien sur le versant sud et est de la chaîne, le bassin du Pô se forme avant ceux du versant opposé du relief. Ainsi, le conglomérat de Savignone, qui marque le début de la transgression marine dans le bassin tertiaire piémontais est daté de l'Eocène supérieur alors que la molasse marine inférieure débute à l'Oligocène inférieur dans le domaine subalpin.

12.3.1 Le bassin tertiaire piémontais (n° 82, 83, 84)

Le terme piémontais est utilisé ici dans le sens du Piémont italien des Alpes. Il ne fait aucunement référence à l'océan liuro-piémontais ou bien aux unités piémontaises dont il a pu être question par ailleurs.

- **Histoire géologique**

La transgression marine débute à l'Eocène supérieur par les conglomérats de Savignone. Les dépôts évoluent de formes déltaïques à des séries marines atteignant près de 1000 mètres dans le Val Scrivia.

Au cours de l'Oligocène inférieur, sur les terres en bordure de ce bassin marin, une forêt tropicale s'épanouit. Le gisement fossilifère de Santa Giustina, en garde le témoignage précis. Le site fut découvert par Don Pietro Deogratias (1817-1889), le prêtre de la paroisse de Stella S. Giustina, passionné de géologie. Les études menées sur ce site ont permis de découvrir, outre une importante flore principalement constituée de feuilles, des fossiles de crocodiles et de tortues (*Trionyx pedemontana*) mais aussi de l'*Anthracotherium*, un artiodactyle voisin de l'hippopotame actuel. Au passage de l'Oligocène inférieur à l'Oligocène moyen, il y a environ 28 millions d'années, des récifs s'installent directement sur les serpentinites, qui occupent une vaste zone à l'ouest de Gènes et sont les restes des ophiolites ligures jurassiques.

Ils constituent aujourd'hui le site de Maddalena-Ponte Prina au cœur duquel ont été retrouvés des récifs constitués de madréporaires mais aussi un fossile de dugong.

- **Le géoparc de la Beigua**

Le parc naturel régional de la Beigua devenu *European geoparc* en 2005, abrite plusieurs sites emblématiques de l'histoire du bassin tertiaire piémontais. Un sentier géodidactique permet de découvrir le canyon du val Gargassa (Figure 3.39), entièrement creusé dans le conglomérat de Savignone qui repose sur les ophiolites jurassiques

Figure 3.39 : Canyon du Val Gargassa

Les deux sites paléontologiques majeurs de Santa Giustina et Maddalena-Ponte Prina peuvent être découverts sur place mais ils font l'objet aussi de mise en valeur sous la forme d'exposition à la maison du parc de Savona.

12.3.2 La série des molasses suisses (n° 239)

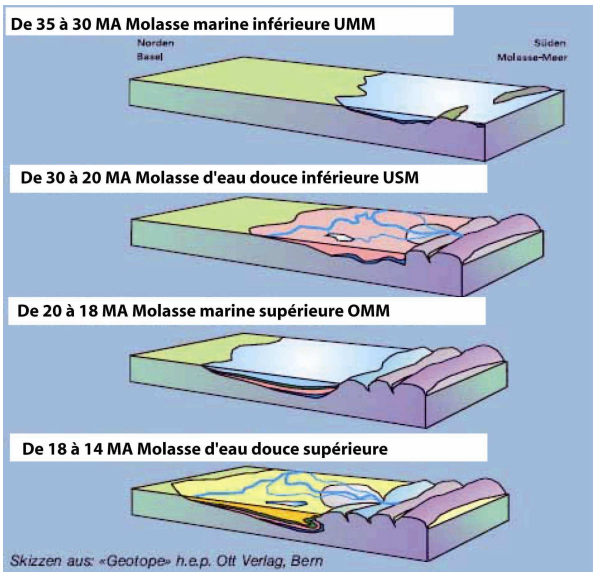


Figure 3.40 : Fascicule d'interprétation du Sentier d'Escholzmat (Institut de Géologie de Bern)

- **Histoire géologique**

En Suisse, deux types de molasse se succèdent marquant par deux fois les ultimes transgressions marines. La première, datée de l'Oligocène inférieur est majoritairement composée de sables fins, d'argiles et de marnes. Elle est surmontée par la molasse d'eau douce inférieure car entre temps une baisse généralisée du niveau marin a provoqué le retrait des eaux. Cette molasse d'eau douce inférieure comprend les premiers dépôts de Nagelfluh qui témoignent par leur épaisseur de la force érosive des fleuves de cette période. La surrection alpine provoque ensuite la subsidence du bassin d'avant-arc déclenchant la dernière incursion marine au Miocène supérieur.

- **La réserve de Biosphère d'Entlebuch**

En 2001, la région d'Entlebuch est devenue la seconde réserve de Bioshère de Suisse. Dans ce cadre, l'offre géotouristique s'est étoffée et le département de géologie de l'Université de Bern a réalisé un sentier principalement axé sur la découverte de la géomorphologie autour du village. Ce sentier propose de parcourirla série molassique mais également de comprendre le rôle des glaciers dans la mise en place du paysage actuel (Figure 3.40).
Quatre panneaux sont disséminés le long d'un parcours d'une douzaine de kilomètres.
Outre l'aspect géologique de ces différents dépôts molassiques comme témoins de l'histoire tertiaire des Alpes, ces molasses ont été exploitées par endroit pour la fabrication de meules. Ces exploitations font parfois l'objet de mise en valeur touristique. Comme s'est le cas en Allemagne dans la carrière de meule d'Intehör ou bien en France dans le parc naturel régional de Chartreuse avec un sentier historico-géologique sur un ancien site d'extraction de meule.

12.4 Les chevauchements, plis et failles liés à la compression alpine

Avec le raccourcissement consécutif à la fermeture de l'océan alpin, la collision continentale remplace progressivement la subduction océanique et les unités de la plaque Apulienne, sont charriées sur les unités de la plaque européenne. La conséquence en est l'épaississement du prisme orogénique. Lorsque les forces de convergence ne peuvent plus lutter contre les forces gravitaires liées à l'épaississement de ce prisme, la déformation se déplace vers le Nord de la chaîne provoquant la mise en mouvement des nappes. On doit à Marcel Bertrand (1847-1907) à la fin du XIXe siècle l'élaboration de cette notion de nappe de charriage. Notion découverte lors de son étude des bassins houillers du Nord qu'il applique sans connaître le site aux descriptions qu'il a lues des Glaris dans un article célèbre de 1884 (Trümpy, 1998). La tectonique à l'origine du raccourcissement de la chaîne se manifeste par des plis et des failles. Certains de ces géotopes font l'objet d'une mise en valeur sur des panneaux d'interprétation paysagère, exercice de médiation scientifique qui représente souvent un défi, étant donné la complexité des notions à aborder.

12.4.1 Du chevauchement des Glaris au Haut-lieu tectonique suisse Sardona (n° 225, 231, 232, 233)

Au sud du lac des quatre cantons, dans la région de Sargans, les paysages sont marqués par la superposition de roches de teinte foncée sur d'autres beaucoup plus claires et plissées. Cette superposition n'est pas stratigraphique mais résulte d'un chevauchement devenu célèbre, celui des Glaris.

- **Géologie du site**

Dans la région des Glaris, un flysch est bien connu car il a longtemps été exploité dans le petit village de Engi dans des carrières d'ardoises qui ont fourni pendant de très nombreuses années les écoliers du pays. Louis Agassiz (1803-1873) étudia la faune associée à ces terrains et y décrivit 29 nouvelles espèces de poissons. Ses études permirent d'attribuer un âge Eo-Oligocène à ce flysch.
Parallèlement à ces travaux, un débat a vu le jour afin d'interpréter le contact anormal du conglomérat verrucano d'âge permien (300-250 Ma) sur ces flyschs plissés. En effet, dans toute la région, ce conglomérat de couleur sombre surmonte le flysch clair et plissé donnant aux montagnes un aspect caractéristique et soulevant depuis les observations de Escher Van der Linth en 1812, des interrogations jusqu'alors restées sans réponse. Lors du sixième congrès géologique international à Zurich, en 1894 deux thèses s'affrontèrent. Albert Heim (1849 - 1937), le célèbre géologue suisse, suivant en cela la théorie énoncée par son maître Arnold Escher qui étudia le premier l'anomalie en 1841, affirmait que le contact anormal observé dans les Glaris était le résultat d'un double pli dont on observait la surface ouverte par l'érosion (Franks, 2005). Le principal argument retenu en opposition à cette explication était la direction tout à fait anormale du pli externe, à vergence sud en totale contradiction avec la direction des

autres plis de la région. L'excursion de terrain organisée par Hans Schardt (1858-1931) permis à Maurice Lugeon (1870-1953), reprenant les travaux de Marcel Bertand d'affirmer que le contact était dû au chevauchement de la couverture du massif de l'Aar, glissée vers le Nord à la suite de la compression alpine. Il fallu encore plusieurs années pour que le concept des nappes de chevauchement se renforce progressivement enterrant définitivement l'immobilisme de la théorie autochtoniste (Fortey, 2004).

- **Histoire de la mise en tourisme**

Le chevauchement des Glaris est un élément remarquable du paysage des trois cantons de St-Gallen, Glaris et Grisons. Son rôle, comme il vient d'être rappelé, dans l'histoire des concepts explicatifs de l'orogenèse en fait un site d'importance majeur dans l'histoire de la chaîne alpine. Le géoparc suisse Sarganserland Walensee Glarnerland a vu le jour en 1999 dans le cadre d'un projet Regio-plus ayant pour objectif de favoriser le développement régional durable. Dans ce cadre, une candidature UNESCO a été déposée en 2004 et dans un premier temps retirée à la suite de l'évaluation faite par l'UICN qui suggérait qu'une réflexion à l'échelle de la chaîne soit développée (source WHC-05/29.COM/INF.8B.2). Le dossier revu avec l'adjonction d'une importante étude comparative sur les sites qui à travers la planète pouvait présenter des aspects comparables a finalement été inscrit en 2008 sous l'appellation Haut-lieu tectonique suisse Sardona (source ID No. 1179).

Figure 3.41 : Panneau d'information

Cette nouvelle dimension donnée au chevauchement des Glaris qui déborde la simple excursion à destination d'un public amateur a permis de développer de nombreux outils destinés à faciliter la compréhension du phénomène géologique si manifestement illustré dans le paysage. Il est possible de toucher du doigt le chevauchement sur le géotope aménagé de Lochsite près de la commune de Glaris (Figure 3.40), ou bien d'observer l'ensemble de celui-ci dans un vaste panorama expliqué dans le géotrail ludique du Flumserberg.

Un documentaire de 60 mn vient même d'être tourné et sélectionné au 61ème festival international de Locarno : « *Comment Albert vit bouger les montagnes* ». Il retrace l'historique de la controverse.

12.4.2 Le panorama du vélodrome (n° 20)

Le vélodrome est un célèbre pli situé au cœur de la réserve géologique de Haute-Provence. Longtemps site de stage de terrain pour les étudiants en géologie, ce panorama remarquable a été inclus dans l'itinéraire du tour du massif du Blayeul.

- **Origine géologique du site**

Le vélodrome était au Cénozoïque un bassin que la mer a envahit dès l'Oligocène, y déposant les premiers matériaux détritiques arrachés aux reliefs : la molasse rouge oligocène. Suivront, la molasse grise puis la molasse jaune, toutes les deux d'âge Miocène. Le plissement de ces couches s'effectue postérieurement au comblement du bassin, il y a 7 millions d'années (Fournier, 2008). La compression se poursuivant, l'ensemble sera recouvert par la nappe de Dignes. L'érosion a, plus récemment, ouvert une fenêtre à travers cet empilement

Figure 3.42 : Le panorama du Vélodrome et son panneau d'interprétation

complexe donnant naissance au panorama du Vélodrome

- **Mise en tourisme :**

Le panorama est accessible à partir du circuit du tour du massif du Blayeul. Le sommet qui domine le village d'Esclangon à 1551 m a été aménagé avec une plate-forme d'observation et un panneau d'interprétation qui tente de reconstituer l'histoire du paysage que l'on a sous les yeux.

12.5 Les premières phases du creusement des réseaux karstiques alpins

Au cours du Miocène l'émersion de certains massifs calcaires entraîne le début de leur karstification. Les formes héritées sont alors caractéristiques d'un karst créé sous climat tropical humide donc sous la forme de karst à butte. Bien que ces formes aient elle-même subi ensuite les assauts de l'érosion glaciaire, il faut tout de même remonter à cette période pour parler des plus anciens karsts alpins dont certains sont devenus depuis les plus importantes grottes touristiques des Alpes actuelles.

12.5.1 La grotte de Choranche (n° 46)

La grotte de Choranche s'ouvre dans le massif des Coulmes, plateau calcaire du massif subalpin du Vercors, une trentaine de kilomètres au sud de Grenoble.

- **Origine géologique du site**

Ce massif est constitué principalement de calcaire urgonien d'âge Barrémien supérieur à Aptien inférieur. Cette série calcaire qui peut atteindre plus de 1000 mètres d'épaisseur est caractérisée par ses nombreux fossiles de rudistes, bivalves qui, à l'instar des coraux vivaient dans des mers tropicales chaudes et peu profondes, il y a un peu plus de 100 millions d'années. Au cours du Miocène, il y a 13 millions d'années, l'émersion du plateau a entraîné la formation d'un karst à butte dont l'héritage encore visible est tout à fait unique à l'échelle de l'arc alpin. Ce relief résulte du creusement de dolines régulièrement réparties et qui peuvent par endroit atteindre plusieurs dizaines de mètres de profondeur. Cette paléogéographie a pu être conservée dans cette partie du Vercors en raison de la situation géographique et altitudinal du massif.
Au Miocène, il y a 13 à 5,5 millions d'années le massif des Coulmes était un ilôt entouré par la mer miocène (Delannoy, 1997) Au cours du soulèvement mio-pliocène les dolines se sont creusées accompagnant la remontée du massif. Au cours des glaciations quaternaires, le phénomène a été entretenu car sans la présence d'un glacier permanent, la neige qui s'accumulait dans les creux des dolines a accentué le phénomène déjà mis en place. Au cours de ce soulèvement, les premiers réseaux rattrapés par les effets de l'érosion ont été décapités. C'est ainsi que la grotte de l'Hérétang s'est formée, elle est aujourd'hui bien connue pour son gisement paléontologique d'ours des cavernes ainsi que ses restes des premières occupations humaines du plateau. Certains remplissages observés dans ces réseaux fossiles témoignent des strates du crétacé qui ont été érodées au-dessus ainsi, certains sables hérités peuvent y avoir été exploités pour la fabrication de verre, tuiles… A cette même période, alors que commence l'incision des gorges de la Bourne le réseau karstique se met en place. L'étude spéléogénétique a permis de dénombrer quatre séries de drains dont trois sont désormais inactifs. Le niveau actuel a atteint la limite de l'Hauterivien imperméable. Cet enfouissement du réseau est à mettre en relation avec les événements climatiques quaternaires qui ont affectés la vallée de la Bourne et provoqués l'abaissement de son niveau de base (Edytem, 2007).

- **De l'exploration à la mise en tourisme**

Si les grottes du plateau des Coulmes sont déjà citées par J.E. Guettard dans son *Mémoire sur la minéralogie du Dauphiné* de 1779, c'est à la fin du XIXe siècle que leur exploration va réellement commencer. Celle-ci est à mettre en relation avec l'ouverture d'un petit établissement thermal : « Choranche-les-bains » à cette époque. Oscar Descombaz réalise la première exploration en 1897 mais il s'arrête à la première voûte mouillante, terminus de la visite touristique actuelle. Un premier aménagement va consister à favoriser l'écoulement des

eaux pour rendre la grotte accessible sur une plus grande partie de l'année. En 1930, la station thermale ferme et les touristes se font rares. En 1943, les explorations reprennent, elles sont conduites parallèlement à partir de la grotte de Coufin et de la grotte Chevaline. La jonction est réalisée en 1968.

En 1965, le père Bourne vend la grotte à trois spéléologues, la mairie n'ayant pas souhaité en prendre la direction. La société privée des grottes de Choranche est créée et aménage le site en construisant tout d'abord la route qui mène à la cavité puisque désormais la visite est centrée sur la grotte de Coufin.

Le site attire toujours quelque 120 000 visiteurs chaque année, la visite des grottes pouvant être complétée par le sentier qui conduit à la grotte Chevaline le long duquel on peut admirer la cascade de tuf percée par un tunnel artificiel. Une exposition permanente à l'entrée des grottes permet de réguler le flux des visiteurs. Elle explique les étapes de la formation du massif puis de la grotte, et donne à découvrir les principaux éléments de la géomorphologie karstique.

Figure 3.43 : Sentier du karst à Choranche

12.5.2 Eisriesenwelt (n° 312)

La grotte s'ouvre à 1641 m dans le massif du Tennengebirge, qui domine la vallée de Salzbach, une trentaine de kilomètres au sud de Salzbourg.

- **Origine géologique du site**

Ce massif est principalement constitué d'une série calcaire avec à la base des dolomies triasiques recouvertes de plus de 1000 mètres de calcaire du Dachtein. Le Jurassique y est représenté par des calcaires rouges qui alternent avec schistes surmontés par un conglomérat Oligocène. Trois systèmes karstiques sont présents dans le massif : au sommet un karst décapité le plus ancien, puis un système dont l'origine remonte au Miocène et auquel appartient cette grotte glacé enfin un système alpin qui s'est développé au Plio-quaternaire.

Le système du Eisenrieswelt a une extension de plus de 42 km dont seul le premier km est englacé, c'est la plus importante grotte glacée du monde. Les galeries situées entre 1650 et 1750 m soit plus de 1000 m au-dessus du lit de la vallée de Salzbach actuelle ont été creusées entre la fin du Miocène et le début du Pliocène et sont caractéristiques d'un fluvio-karst, une seconde phase a lieu durant le Pléistocène puis au cours des dernières glaciations (Audra, 2002).

L'air froid qui pénètre dans la grotte durant l'hiver alimente la formation de la glace durant cette saison Au cours de l'été, la température au cœur de la grotte ne dépassant jamais 0 °C, celle-ci se conserve d'une année sur l'autre.

- **De l'exploration à la mise en tourisme**

En 1879, Anton Posselt, un naturaliste, parcourt les deux cents premiers mètres et fait connaître la grotte. Mais les premiers visiteurs réguliers n'apparaissent qu'au début du XXe siècle, après les explorations plus poussées de Alexander von Mörk. Un premier télécabine est construit, le chemin vers l'entrée des grottes aménagé et l'ouverture aux touristes a lieu en 1920. Dès 1925, des améliorations sont apportées à la visite (nouveau télécabine, chemin sécurisé afin de faire face à l'afflux de visiteurs).

Depuis la gare, une navette conduit au télécabine qui permet de parcourir en quelques instants les 500 m de dénivelé, restent alors une centaine de mètres pour atteindre l'entrée des grottes le long d'un chemin parfaitement sécurisé. La visite nécessite encore de remonter 1400 marches.

Le projet de recherche, Austro-Ice Cave piloté par Christoph Spötl vient d'étudier durant deux années l'impact du réchauffement climatique sur la ressource en glace de cette grotte afin de mettre en place les meilleures solutions de gestion durable au bénéfice de cette manne touristique. Une station météo a été installée au cœur de la grotte glacée afin de mesurer en permanence les variations des paramètres atmosphériques de celle-ci. Variations causées par le changement global mais aussi les 120 000 visiteurs qui parcourent chaque années cette grotte.

12.5.3 Mine et karst du Massif du Hochobir (n° 336)

Le massif du Hochobir appartient à la chaîne des Karavanke au sud-est de l'Autriche. Il est constitué d'un anticlinal de calcaire du Wetterstein, d'âge ladinien, étage terminal du trias moyen. L'époque du creusement des grottes est supposée être du Cénozoïque sans que des études plus approfondies en aient apporté la preuve.

- **Histoire de la mise en tourisme**

Il n'existe pas d'ouverture naturelle à ce réseau karstique et c'est lors de l'exploitation minière des filons de zinc et de plomb présents dans cette formation du Wetterstein que les mineurs ont découvert entre les années 1862 et 1878 les cavités naturelles. L'exploitation s'est arrêtée ensuite en 1902.

L'année suivante, les bains d'Eisenkappel proposaient dans leur offre touristique la visite des grottes mais sans aménagements particuliers, celles-ci retombèrent bientôt dans l'oubli. En 1985, Peter Kuneth et le Dr Peter Haderlapp redécouvrent le réseau, s'enthousiasment pour ses possibilités de mise en valeur touristique et créent une association : le Obir-Tropfsteinhöehlen qui associe des autorités locales, les clubs spéléos... Le tourisme reprend en 1991 et au cours des 8 premières années, plus de 800 000 visiteurs parcourent les galeries. La visite combine la découverte de l'exploitation minière puis celle du réseau karstique. L'aménagement multimédia a été entièrement revu en 2007.

12.6 Les dépôts de lignite mio-pliocène

Au cours du Mio-Pliocène, des bassins en pull-apart se développent en divers points de la chaîne alpine. L'accumulation de matière organique combinée à l'existence de flux thermiques encore importants ont donné naissance à de nombreux gisements de lignite. Certains ont été exploités et depuis leur fermeture ouverts au public dans le cadre d'une reconversion de ces territoires où bien souvent l'exploitation de cette ressource énergétique a aussi été la source de nombreuses dégradations environnementales.

12.6.1 Les mines de lignite de Velenje (n° 385)

Au nord-est de la Slovénie, l'histoire et la géomorphologie de la vallée de la Salek sont marquées par une exploitation qui a perduré durant plus d'un siècle.

- **Origine du gisement**

Le gisement lenticulaire de 10 km de long, 3 km de large et d'environ 160 m d'épaisseur. Il se situe à l'interface de deux unités géologiques : les Alpes de Karavanke constituées principalement par des calcaires du Trias et le massif de Savinja constitué majoritairement de sables et de marnes Mio-Pliocènes avec des intercalations volcaniques. Le lignite exploité ici s'est formé au Pliocène, il y a 2,5 à 3 millions d'années. Les dépôts de lignite, au départ d'origine fluviatile se transforment, dans la partie haute de la série en dépôts lacustres. Ils sont caractérisés par la présence majoritaire de Gymnospermes qui témoignent d'une forêt humide marécageuse, remplacée progressivement par une forêt sèche puis par du bush. La dynamique de dépôt qui a permis la formation du lignite a dû se poursuivre durant plus de 300 000 ans (Markic, 1997).

- **Histoire de l'exploitation :**

L'exploitation des couches de lignite a commencé à Velenje en 1870. Depuis ce sont près de 120 millions de tonnes qui en ont été extraites. Ce lignite a un pouvoir calorifique de 7,5-12 ;5

MJ/kg, avec un taux de cendres de 45 % et de sulfure de 1,5 à 2,1 %. Le lignite approvisionne la centrale thermique de Velenje qui fournit plus de 30 % de l'énergie électrique Slovène depuis 1929. Bien que le gisement soit encore estimé à près de 250 000 tonnes, la fermeture de la mine est programmée pour 2050.

- **De l'exploitation minière à la mise en tourisme**

L'exploitation minière a eu pour conséquence une dégradation de l'environnement. Tout d'abord la quantité importante de soufre dans les fumées qui s'échappaient de la centrale thermique a provoqué des pluies acides.

L'affaissement progressif du sous-sol à l'aplomb des galeries a entraîné la formation de dépressions en surface qui ont été comblées au départ par les résidus de chauffe du lignite. Ces cendres, elles aussi riches en soufre ont conduit à la pollution progressive de ces lacs. Le plus grand atteint 60 m de profondeur pour un volume de 50 millions de m^3.

En 1987, un vaste mouvement écologique a permis la prise de conscience de l'impact de l'industrialisation sur la qualité environnementale de la vallée (l'équivalent de 2,3 kg de SO_2 étaient alors émis par an et par habitant). Des mesures ont été prises, des travaux entrepris afin de restaurer une certaine qualité de vie dans le but d'entreprendre un développement plus durable. Ainsi, un projet d'enfouissement du CO_2 produit par la centrale thermique a été lancé en 2001 (Speh, 2001).

C'est dans ce cadre que la société d'exploitation minière en partenariat avec les autorités communales et les musées de la ville a, dans un premier temps, créé un centre d'interprétation puis développé une offre géotouristique qui permet la visite des galeries abandonnées.

12.7 Conclusion

La fermeture de l'océan liguro-piémontais a, dans un premier temps, donné naissance à un prisme d'accrétion océanique. Puis le rapprochement des deux marges continentales, la marge européenne plongeant sous la marge aapulo-africaine, a fini par entraîner la collision des deux marges.

Dans les Alpes occidentales, lors de cette collision, la partie superficielle du prisme a été charriée sur la marge européenne échappant ainsi au métamorphisme. Les parties les plus profondes sont venues s'écraser contre la marge européenne et progressivement ce prisme a évolué en un prisme d'accrétion orogénique où s'est développé un métamorphisme lié à l'échauffement et à la pression lithostatique ou tectonique.

Trois complexes de subduction se succèdent dans le temps : le complexe Ligure à la fin du Crétacé-début Paléocène, le complexe briançonnais à l'Eocène et le complexe dauphinois à l'Oligo-Miocène (Lallemand *et al*, 2005).

Dans les Alpes orientales, le prisme orogénique sera recouvert progressivement par la marge sudalpine chevauchante.

Dans le même temps, le bassin d'avant-pays migre régulièrement vers les zones externes provoquant l'accumulation des produits de l'érosion de la chaîne en exhumation mais marquant aussi les dernières incursions marines dans l'histoire des Alpes.

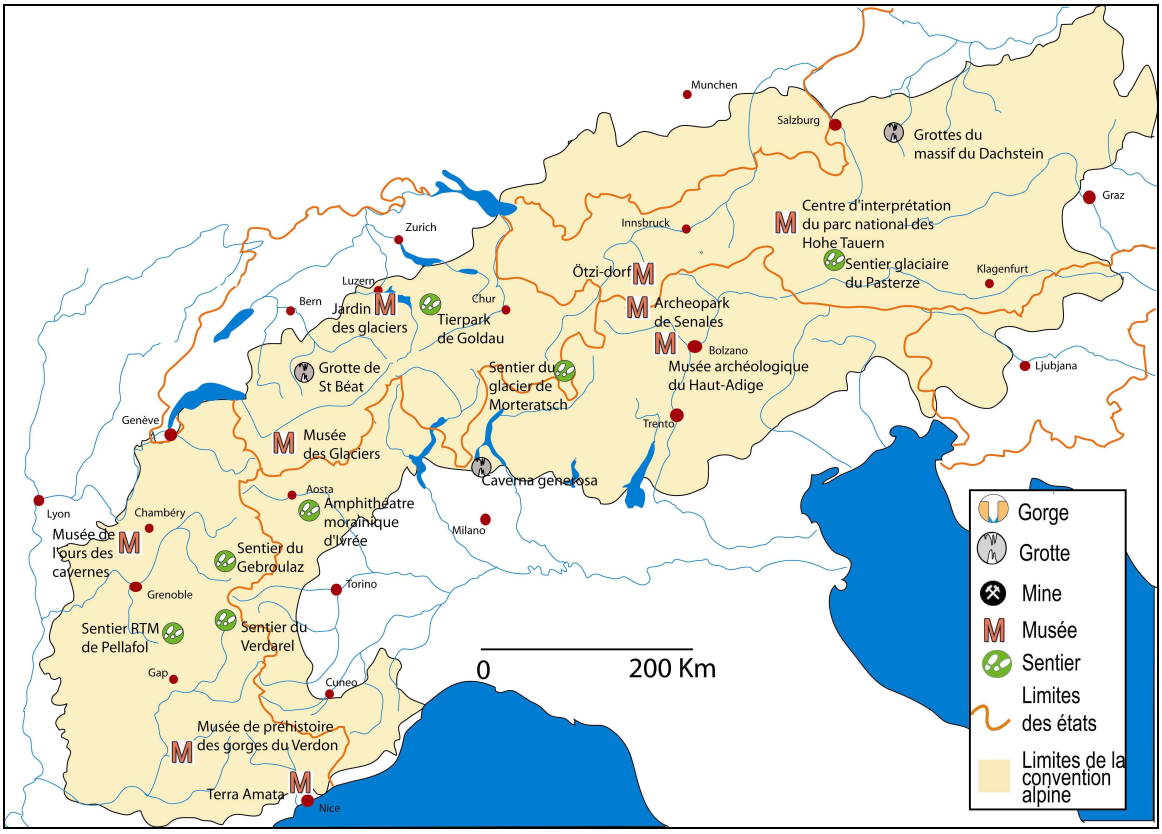
Les sites géotouristiques retenus pour le Cénozoïque illustrent différents aspects de cette histoire la toute première émersion qui, en climat tropical voit se former puis se déposer des minerais de fer, les ultimes transgressions marines avec des sites paléontologiques importants, le démantèlement de la chaîne avec l'accumulation des produits de l'érosion, la formation des premiers réseaux karstiques avec l'individualisation des premiers massifs calcaires, et bien sûr les chevauchements qui illustrent la collision.

Chapitre 13 : Le Quaternaire, ère des glaciers alpins

Le Quaternaire est une ère géologique cruciale pour les Alpes car la succession des périodes glaciaires y a imposé un dynamisme des mécanismes érosifs à l'origine des paysages caractéristiques du massif. Phénomènes glaciaires, passés et en cours, mais aussi phénomènes karstiques ainsi que progression des aléas en relation avec le réchauffement global sont autant de thèmes qui passionnent le grand public et font l'objet de nombreuses valorisation géotouristiques. Le Quaternaire marque aussi l'apparition des premiers hommes à la recherche de ressources alimentaires et plus tard de ressources minières dans les hautes vallées alpines.

13.1 Répartition spatio-temporelle des sites retenus

Une vingtaine de sites ont été retenus (Carte 3.6). Les sites retenus vont être présentés en les associant par thèmes.



Carte 3.6: Répartition géographique des sites quaternaires retenus

13.2 Le phénomène glaciaire, élément prépondérant de l'histoire quaternaire des Alpes

Depuis les travaux de Jean de Charpentier, Ignaz Venetz et bien sûr Louis Agassiz, la découverte de l'extension passée des glaciers a fait prendre conscience de l'emprise que ces derniers ont exercé sur l'ensemble du massif. La géomorphologie paraglaciaire reconstitue l'extension des glaciations anciennes tandis que l'étude du périglaciaire permet de mieux comprendre les phénomènes actuels ainsi que les impacts du changement global. Le monde des glaciers est certainement celui qui dans l'imagination populaire est le plus emblématique des Alpes, ce qui explique sans doute l'importance des sites géotouristiques qui lui sont consacrés.

13.2.1 Des musées pour découvrir les glaciers et l'histoire du climat

- **Le jardin des Glaciers de Lucerne en Suisse (n° 240)**

Ce musée de site présente sept marmites principales et quelques autres plus réduites bien visibles au cœur des grès molassiques de l'avant-pays. Elles ont été creusées par l'eau d'infiltration sous-glaciaire chargée d'éléments abrasifs. En cet endroit particulier, l'eau, refoulée par la barrière des collines de Lucerne était canalisée vers ce passage resserré, la vitesse du courant redoublait alors augmentant la force érosive de celle-ci.

En 1872, Joseph Wilhem Amrein-Troller achete un terrain aux alentours de la ville de Lucerne dans l'objectif de creuser dans les grès molassiques, une cave à vin. Les travaux démarrent et rapidement, sous les coups d'explosifs, des marmites glaciaires sont mises à jour. Franz Joseph Kaufmann, géologue lucernois perçoit immédiatement la richesse naturelle du site, aidé pour cela par Albert Heim, le géologue zurichois, décide le propriétaire de poursuivre le dégagement d'une façon moins dévastatrice. Les nouvelles découvertes vont alors convaincre celui-ci de faire évoluer son projet vers une valorisation touristique. L'inauguration du jardin des glaciers a lieu le 1er mai 1873. Au début du XXe siècle afin de renforcer le discours scientifique, il est demandé à Ersnt Hodel (1852-1931), peintre paysager, de reconstituer le paysage de Lucerne au cours de la dernière glaciation (Figure 3.44)

Figure 3.44 : Eiszeit – Ersnt Hodel (1927)

Progressivement, divers éléments viennent complétés la visite qui propose des aspects géologiques mais aussi des éléments moins académiques (labyrinthe de glace, tour panoramique, musée, relief historique de la Suisse centrale...).
Le jardin est inscrit à l'inventaire fédéral des paysages et objets naturels d'importance nationale depuis 1983 (IFP n°1310). Il accueille plus de 120 000 visiteurs par an.

- **Le musée des Glaciers à Lourtier, dans le Valais (n° 176)**

Dans le petit village de Lourtier au cœur du Val de Bagnes, au pied du glacier du Giétro, Jean-Pierre Perraudin (1767-1858), simple paysan et chasseur était arrivé par les observations qu'il avait pu faire lors de ses escapades en montagne à la conclusion suivante :
« Les glaciers de nos montagnes ont eu jadis une bien plus grande extension qu'aujourd'hui. Toute notre vallée, jusqu'à une grande hauteur au-dessus de la Drance (torrent de la vallée), a été occupée par un vaste glacier, qui se prolongeait jusque à Martigny, comme le prouvent les blocs de roches qu'on trouve dans les environs de cette ville et qui sont trop gros pour que l'eau ait pu les y amener. » Ces propos tenus en 1815, ont été relatés par Jean de Charpentier, géologue et alors directeur des mines de Bex. Ils influencèrent de façon déterminante les écrits de cet auteur sur les glaciations parus beaucoup plus tard (Essai sur les glaciers - 1841) ainsi que ceux d'Ignaz Venetz qui le premier aborda le problème de l'origine des blocs erratiques en 1833 déjà mais sans grande attention de la part des sociétés naturalistes de l'époque auxquelles il s'adressait en tant qu'ingénieur.

Les descendants de la famille Perraudin ont aménagé la maison où il vécut. Les espaces muséographiques sont simplement les différentes pièces avec des objets de l'époque ou ayant appartenu à leur ancêtre. L'étage inférieur présente la vie de J.-P. Perraudin. On y trouve quelques objets lui ayant appartenu, notamment un ex-voto peint par Felix Corthey après sa participation à la bataille de Finges (15 mai 1799). Ce musée, qui a vu le jour en 1993, relève davantage de l'écomusée mais il aborde tout de même des éléments liés à l'histoire glacaire de la vallée : troncs d'arbres fossilisés , descriptif de la débâcle glaciaire du Giétro en 1818 et reproduction de documents la concernant, panneaux explicatifs sur l'origine de la glaciologie.

- **Le centre d'interprétation du Parc National des Hohe Tauern (n° 321)**

Figure 3.45 : La roue du temps au centre d'interprétation de Mitersil

Dans le village de Mitersil, ce centre d'interprétation permet de découvrir de nombreux aspects du patrimoine naturel du parc. Une salle y est réservée au glacier Pasterze. Celui-ci a connu un maximum d'expansion au début de l'Holocène et a totalement disparu il y a 8500 ans. L'histoire de ces fluctuations glaciaires est associée aux fluctuations climatiques à l'échelle des Alpes durant la même période. D'autres salles sont consacrées à la géologie et bénéficient des techniques de médiation multimédias les plus perfectionnées (Photo 3.45). Le centre a ouvert ses portes en 2008 et a accueilli la première année 80 000 visteurs.

13.2.2 Des sentiers d'interprétation

Une trentaine de sentiers d'interprétation illustrent le thème des phénomènes glaciaires dans l'arc alpin. Le sujet a déjà été développé précédemment (cf 7.2) et seuls quatre itinéraires vont être présentés maintenant pour la qualité de la médiation scientifique qui les accompagne.

- **Le sentier d'interprétation du glacier de Morteratsch (n° 213)**

C'est le plus grand glacier des Grisons avec une longueur de 7 km et un volume de 1,2 km^3 en 1973. Il est dominé par le Piz Bernina qui culmine à 4089 m. Suivi depuis 1878, son recul, marqué par 5 pauses, n'a cessé depuis cette époque. La comparaison de photos du sentier prises tout au long du XXe siècle illustre ce recul ainsi que la reconquête des moraines par la végétation modifiant définitivement le paysage.
Le sentier, créé en 1993, par Max Maisch, glaciologue de l'Université de Zurich, débute à la station ferroviaire de Morteratsch et permet de parvenir jusqu' à la langue glaciaire actuelle, puis, d'accéder au refuge de Boval. Tout le long du sentier des panneaux indiquent la date à laquelle le glacier atteignait le point en question. Deux fascicules ont été édités : le premier présentant simplement les différents points d'arrêt et les observations associées, le second replace les données concernant le glacier dans une perspective plus régionale présentant les travaux scientifiques réalisés au sein du laboratoire.

- **Le sentier d'interprétation du glacier du Gébroulaz (n° 47)**

Le glacier s'écoule en face Nord de l'aiguille de Polset, dans le massif de la Vanoise, entre 3531 m et 2610 m en 2003. Il couvre une surface d'environ 3 km^2 et s'étend sur près de 4 km. Depuis 1994, il fait l'objet d'un suivi scientifique par le Laboratoire de Glaciologie et de Géophysique de l'Environnement du CNRS (LGGE). En effet, on possède des relevés depuis le début du XXe siècle et ce glacier, intermédiaire entre les Alpes du Nord et du Sud, présente un intérêt certain dans le cadre des études sur l'impact du réchauffement climatique.
Remontant le Doron des Allues, le sentier permet de découvrir tout au long du parcours 8 arrêts présentant différents aspects de la géomorphologie glaciaire Le départ se fait au lac de Tuéda,

au sein de la réserve naturelle éponyme et l'on pénètre ensuite dans le parc national de la Vanoise qui a réalisé le sentier et le fascicule d'accompagnement en 2001.

- **Les itinéraires de découverte du glacier Pasterze (n° 325)**

C'est le plus grand glacier d'Autriche avec une longueur de 9 km et une superficie d'encore 14 km^2. Il est dominé par le plus haut sommet du pays, le Großglockner qui culmine à 3 798 m. Depuis 1856, Le glacier a perdu la moitié de sa superficie et recule chaque année d'une quinzaine de mètres (Figure 3.46).
Le massif du Großglockner s'ouvre au tourisme glaciaire moderne en 1935 par la construction d'une route à péage permettant de gagner les 2 365 m de la Europaplatz, d'où un chemin descend sur le glacier Pasterze. Cette route touristique parcourue par plus d'un million de visiteurs chaque année propose depuis quelques années, différents outils de découverte du monde des glaciers. Ce sentier, créé au cœur du parc national des Hohe Tauern en 1983 afin de découvrir l'environnement périglaciaire et le glacier du Pasterze. Plus récemment, le Gamsgruben Trail, exposition proposée dans un tunnel aménagé complète l'offre touristique. Dans ce cas l'offre est complète depuis la simple contemplation jusqu'à l'initiation à la géomorphologie de terrain. On peut penser que le parc national a ici pu influencer favorablement les intérêts privés de la route touristique.

Figure 3.46 : Recul du glacier Pasterze au cours du XXe siècle

- **L'amphithéâtre morainique d'Ivrée (n° 100)**

Des traces des trois dernières glaciations, qui se sont échelonnées depuis 600 000 ans peuvent être observées. A chaque optimum glaciaire, le glacier de la Baltée, qui occupait l'ensemble de la vallée d'Aoste a déposé au front de son maximum d'extension une épaisse moraine frontale. A chacune des avancées du glacier, l'extension s'est toujours réalisée à l'intérieur de l'extension précédente ce qui a permis la conservation des cordons antérieurs et explique que de l'extérieur vers l'intérieur de l'amphithéatre, les moraines sont de plus en plus jeunes.
Des itinéraires géotouristiques ont été créés par la province de Canavese et du Val de Lanzo. Ils peuvent être parcourus à pied, en vélo ou en voiture et permettent de découvrir : cordons morainiques, blocs erratiques, lacs de surcreusement, tourbières... Un site internet présente cette haute route de l'amphithéâtre morainique (http://www.canavese-vallilanzo.it/ami/_home/index.asp).

13.3 Le creusement des grands réseaux karstiques

Plusieurs facteurs conjuguent leurs efforts dans le creusement des grottes : la quantité et la composition chimique de l'eau qui circule à l'intérieur des massifs, ainsi que le niveau des eaux karstiques qui dépend de l'emplacement de la résurgence du massif c'est-à-dire de l'altitude du

fond de la vallée. Ce niveau de base local est contrôlé par le creusement des cours d'eau qui érodent la vallée, en période inter-glaciaire ou bien l'érosion glaciaire au cours des glaciations.
Dans ce dernier cas, lors des périodes de croissance des glaciers, les précipitations sont principalement sous la forme de neige et le débit d'eau circulant dans les réseaux est faible. La langue glaciaire obturant la vallée provoque alors une montée des eaux chargées en limons souvent saturés en carbonate de calcium dans la grotte qui ne se creuse plus et a même tendance à se colmater par les dépôts de décantation (Hoblea, 1999 ; Audra, 1994). A la fonte des glaces, l'eau libérée chasse les limons de la grotte. Progressivement sol et végétation s'installent à nouveau en surface et l'eau acide reprend son travail de dissolution et le niveau de base de la grotte s'ajuste progressivement à celui de la vallée qui s'est abaissé.

13.3.1 La grotte de St-Béat (n° 199)

Cette grotte touristique s'ouvre dans le massif karstique du Siebenhengste, au bord du lac de Thoune dans les Alpes bernoises.

- **Contexte géologique**

Ce massif karstique appartient aux nappes helvétiques et se présente comme une vaste dalle monoclinale inclinée de 15 à 20 ° vers l'est. Il est coupé par une grande faille normale de direction SW-NE, la faille de Hohgant Sundlauenen, au sud-est de laquelle les calcaires sont chevauchés par du flysch éocène. Les galeries sont creusées dans la formation du shrattenkalk, calcaire urgonien, jusqu'aux marno-calcaires du Drusberg, couche imperméable d'une épaisseur de 30 à 50 m. Deux bassins versants se partagent le massif : le bassin versant de la grotte de St-Béat, d'une surface d'environ 6 km^2 et le bassin du Siebenhengste Hohgant, beaucoup plus étendu avec plus de 35 km^2 de surface. Plus de 150 km de galeries on été recensées sur plus de 1360 m de dénivellation.
Plusieurs niveaux peuvent être observés au sein du réseau karstique, leur analyse corrélée à celle des dépôts et concrétionnement qui leur sont associés permet de reconstituer 6 étapes de creusement. Le niveau le plus ancien se situe à 890 m, on en observe un autre à 805 m, puis à 760 m, 700m, 660m et enfin le niveau actuel à 530 m. L'analyse détaillée des formes de galeries, la datation des sédiments et des concrétions semblent indiquer que 6 périodes glaciaires au moins se sont succédées depuis 350 000 ans, âge du début de la karstification de la grotte de St-Béat. Ces travaux comme bien d'autres actuellement sont en train de remettre en cause les classiques Günz, Mindel, Riss et Würm d'il y a 100 ans (Haüselmann , 2004).

- **De l'exploration à la mise en tourisme de la grotte**

La grotte est connue depuis le moyen-âge et dès cette époque, des pèlerinages y sont pratiqués. En effet, une légende y consacre un événement important de la vie de St-Béat. Chargé d'évangéliser le pays de l'entre deux lacs, il aurait découvert les persécutions subies par la population sous le joug d' un dragon redoutable. Terrassant ce dernier il l'aurait précipité dans le lac provoquant un bouillonnement des eaux. Il aurait ensuite achevé sa vie au cœur de la grotte qui porte son nom. De cette belle légende, il faut retenir le bouillonnement des eaux due à la mise en charge lors de la fonte de printemps de résurgences noyées qui témoignent d'une période où la vallée était plus profonde qu'aujourd'hui.
Au XVIIIe siècle, elle commence à attirer de prestigieux visiteurs tels que Goethe ou Wagner. Mais il faut attendre le début du XXe siècle pour que son aménagement donne naissance à un véritable produit touristique.
En 1903, les grottes s'ouvrent aux visites organisées et l'année suivante, la Société des grottes de St-Béat est fondée et toujours en charge de l'exploitation touristique de la grotte qui attire 92 000 visiteurs par an.
En 1909, Arnold Heim fils du géologue suisse Albert Heim fait une première description géologique de la grotte. Les explorations se développeront surtout après la seconde guerre mondiale et la longueur actuelle du réseau, pour l'ensemble du massif, s'étend à plus de 150 km de galeries.

13.3.2 Les grottes du massif du Dachstein (n° 340, 341, 342)

Le massif du Dachstein, au sud-est de Salzburg, est à cheval sur trois provinces : celle de Salzburg, de la Haute-Autriche et de la Styrie. Il culmine à 2995 m au sommet du Hoher Dachstein. Très karstifié, ce massif abrite plus de 560 grottes et est parcouru par un réseau de plus de 250 km de galeries. Il a été inscrit au patrimoine mondial de l'UNESCO en 1997.

- **Contexte géologique**

Le massif est constitué principalement par les calcaires du Dachstein, d'âge Norien supérieur à Rhétien qui correspondent à un complexe récifal constitué d'une zone d'avant récif, d'une barrière récifale et d'un lagon qui s'étendait en arrière de la barrière récifale et qui compose aujourd'hui la formation de Gosau. Il expose sur une épaisseur de plus de 1500 m une série de cycles sédimentaires continus et abrite un fossile caractéristique, un bivalve mégalodontidé de la famille des rudistes qui vivait sous une tranche d'eau permanente et bien aéré dont la section a la forme d'un cœur (Figure 3.47) (Gall, 1995).

Figure 3.47 : Mégalodontidé

Friedrich Simony (1836-1896) premier titulaire de la chaire de géographie de l'Université de Vienne en 1851, étudia le massif mais il fut aussi l'un des premiers a peindre puis photographier de façon itérative les glaciers dont il commençait à observer la fonte. Le géologue bavarois C.W. Gümbel décrivit le Mégalodonte et attribua alors un âge Norien à ce calcaire du Dachstein que certains disaient encore liasique. Les travaux d'Edouard Suess en 1888, puis de Sander en 1936 mirent en évidence la rythmicité des dépôts de cette série. Mais c'est Fisher en 1964 qui les attribua à des cycles de Lofer caractérisés par trois sous-unités : une discontinuité argileuse à la base, une série intertidale comportant des algues et des figures de dessiccation enfin un calcaire abritant les fossiles de Mégalodontes (Lobitzer, 1999).

- **De l'exploration à la mise en tourisme des grottes.**

Trois grottes sont aménagées pour la visite dans le massif du Dachstein : la grotte de Koppenbrüller, la plus basse située au niveau du lac de Hallstatt; puis la grotte glacée et la grotte du mammouth qui toutes deux sont accessibles à partir du premier tronçon du téléphérique Schönberg Alp. Une rénovation complète des visites s'est achevée en 2008, conduite par l'Université des arts de Linz.

- **La grotte de Koppenbrüller** : stratigraphiquement la plus basse, c'est donc aussi la plus récente pour ce qui est de son creusement. Elle s'ouvre au niveau de la résurgence de la rivière Traun mais un tunnel artificiel permet un accès toujours libre même en période de forte crue. La visite, d'une durée d'environ 1 heure permet de parcourir quelques 600 mètres au cœur de la grotte. Depuis 2007, une visite spéléologique complète l'offre, elle est plus particulièrement destinée aux enfants.

- **La grotte du Mammouth** : Elle doit son nom à la dimension impressionnante des galeries dans une grande partie de son réseau. C'est la grotte touristique de tous les records puisque l'ensemble du réseau connu atteint plus de 60 km et que la différence entre ses parties les plus hautes et les plus basses est de 1199 m. Au départ de la station, où se trouve un musée des grottes, un sentier de 500 m conduit jusqu'à l'entrée de la grotte, il permet de parcourir les 500 derniers millions d'années de l'histoire de la Terre.

La visite permet de parcourir un kilomètre de galerie phréatique creusées par la rivière Traun avant la baisse du niveau de base de la vallée.

- **La grotte glacée** : La glace s'est accumulée dans la grotte depuis le début du petit âge glaciaire. Actuellement, sa création au cours de l'hiver est équivalente à sa fonte au cours de l'été maintenant un équilibre que le réchauffement climatique risque de perturber.

Enfin, un sentier du karst a été aménagé sur le plateau du Dachstein. Il est accessible à partir du deuxième tronçon du télécabine et permet sur un parcours de 3h de découvrir le plateau karstique.

13.4 Les premiers alpins

Depuis plus de 400 000 ans, l'homme est présent dans les Alpes. De façon sporadique à l'interglaciaire Mindel/Riss, son occupation se fait depuis l'Holocène de plus en plus prégnante au sein du massif. Les sites qui mettent en valeur cette présence auprès du grand public sont peu nombreux et attirent toujours une fréquentation importante.

13.4.1 Terra Amata : les premières traces d'Homo erectus dans le massif alpin (n° 7)

- **Découverte et exploration du site**

En 1965, d'importants travaux de terrassement, au pied du mont Boron, au cœur de Nice, mettent à jour un important site préhistorique. Une fouille de sauvetage est organisée entre le 28 janvier et le l5 juillet 1966. Les traces d'occupation humaine qui sont alors découvertes décident la municipalité à soutenir ces fouilles.
Au cours de la fouille de sauvetage, 210 m^3 de terre sont déplacés sur 120 m^2 mettant au jour 26 sols d'occupation préhistorique. 36 000 objets sont récoltés et 9000 photos prises. La majorité des pièces recueillies sont des choppers, ou galets taillés. Des chopping-tools et des bifaces de facture plus complexe ont aussi été découverts, ils résultent de la taille sur deux faces de galets trouvés sur la plage. Un moulage du sol est réalisé sur 90 m^2**.**
Le site, daté du Paléolithique inférieur (Acheuléen), il y a 400 000 ans, correspondait à une plage s'étendant au bord de la Méditerranée dont le niveau, à l'époque était 26 mètres au-dessus du niveau actuel. On y a retrouvé une empreinte de pied droit ainsi que des traces de huttes. Des groupes d'Homo erectus y occupaient de façon épisodique des campements. On y retrouve les traces de huttes à l'entrée desquelles, un foyer était établi. Le climat qui régnait alors, tempéré et humide, était proche de celui d'aujourd'hui et correspondait à une période interglaciaire entre le Mindel et le Riss. Les chasseurs venaient là à la recherche d'un gibier abondant : le lapin, le cerf élaphe et l'éléphant antique dont les ossement ont été retrouvés autour du campement..
A Terra Amata, plusieurs foyers aménagés ont été datés d'environ 400 000 ans, ce qui en fait parmi les plus anciens d'Europe. Les foyers avaient été installés directement sur une plage de galets, soit sur un petit dallage, soit dans une petite fosse de 30 cm de diamètre et de 15 cm de profondeur creusée dans le sable et parfois protégés par un petit muret de galets (De Lumley, 2006).
Les 26 mètres qui séparent la plage de Terra Amata de celles de la Méditerranée actuelle s'expliquent par le soulèvement lié à la tectonique toujours active dans les Alpes mais aussi par les fluctuations du niveau de la Méditerranée transgression dans les périodes chaudes et régression dans le périodes froides. Ainsi, les trois niveaux de transgression enregistrés sont respectivement datés à 600 000, 500 000 et 400 000 ans montrant que ces événements ne sont pas des phénomènes continus.

- **Mise en valeur touristique**

La mairie décide de mettre en valeur ce site exceptionnel et créé spécialement un musée qui a aussi pour mission de conserver l'ensemble des collections de préhistoire de la ville de Nice, comme celles provenant de la grotte de Grimaldi ou de la grotte du Lazaret. Il ouvre ses portes en 1976 et attire désormais quelque 15 000 visiteurs par an. Bâti près du site de la découverte du gisement préhistorique, il présente, sur deux étages, le contexte de l'occupation humaine du Sud-Est de la France, l'ensemble des découvertes réalisées lors des fouilles de sauvetage et le résultat de leur étude scientifique ainsi qu'une exposition temporaire.
Une association : le centre d'étude préhistorique de Terra Amata a vu le jour en 1977 avec pour objectif de soutenir les activités du musée.

13.4.2 De la grotte de Baume Bonne au Musée de préhistoire des gorges du Verdon (n° 13,14)

- **Découverte et exploration du site**

Bernard Bottet signale la grotte de la Baume Bonne, dans la gorge du Verdon pour la première fois en 1946 et entame des fouilles avec son fils. De 1957 à 1968, elle est étudiée par Henry de Lumley, Jean Courtin et Charles Lengrand qui y découvrent les premières traces de structuration de l'espace sous la forme d'empierrements. En 1988 Jean Gagnepain et Claire Gaillard reprennent les fouilles. Site classé par arrêté du 28 Juin 1993, la grotte de 36 m de long sur 5,5 m et 13 m de large, est située à 410 mètres d'altitude, une soixantaine de mètres au-dessus du Verdon. Elle fait encore l'objet de fouilles et est proposée à la visite au cours de la saison touristique.

La grotte a été occupée depuis le stade isotopique 10, c'est-à-dire il y a environ 400 000 ans de façon quasi continue. L'industrie lithique y est particulièrement abondante avec près de 70 000 pièces découvertes (Tillet, 2001).

- **Le musée de Préhistoire des gorges du Verdon**

Figure 3.48 : Diorama : chasseur du paléolithique

Un ambitieux projet d'un montant de 10 millions d'euros, soutenu par le ministère de la culture, le Conseil Général des Alpes de Haute-Provence et celui de Provence Alpes Côte d'Azur ainsi que la communauté européenne a permis la création, dans le petit village de Quinson d'un musée (Gagnepain, 2005) (Figure 3.48). Celui-ci, dont la maîtrise d'œuvre a été confiée à Norman Forsters, célèbre en France pour un autre projet architectural, le viaduc de Millau, a ouvert ses portes en 2001 et attire plus de 75 000 visiteurs par an depuis.

Il s'étend sur 4000 m^2 de surface utile et retrace 1 million d'années d'histoire humaine en suivant un fil conducteur chrono-culturel. Parmi l'offre muséographique, une reconstitution de 15 mètres du canyon des soleils de Baudinard ainsi qu'un spectacle multimédia 3D reconstituant le site de fouille de la grotte de Baume Bonne. On accède à l'espace d'exposition permanente par une vaste rampe monumentale inclinée à 7% donnant l'impression d'une lente remontée dans le temps. L'offre géotouristique est complétée par un village préhistorique durant la saison estivale ainsi que la visite de la grotte.

13.4.3 Ötzi, un destin qui témoigne des fluctuations climatiques dans les Alpes (n° 137,145)

Le 19 septembre 1991, un couple de randonneurs allemands découvre, à 3200 m d'altitude, tout près du Giogio di Tisa (Hauslabjoch), un col qui sépare la vallée de l'Ötzal au nord Tyrol en Autriche de la vallée du Vinschgau dans le sud-tyrol italien, ce qu'ils prennent alors pour le cadavre d'un alpiniste disparu quelques années auparavant. Dans un premier temps transportée à l'institut médico-légal d'Innsbruck, la momie est étudiée durant quelques années avant de revenir en 1998 dans le pays de sa découverte au musée d'archéologie du Haut-Adige, spécialement aménagé pour Ötzi à Bolzano. L'engouement pour ce personnage a été tel qu'il a toute sa place dans cet inventaire d'autant que sa préservation tout comme sa récente découverte sont intimement liées à l'évolution climatique récente du massif alpin.

- **Le climat des Alpes à l'époque de Ötzi**

Les datations au carbone 14 effectuées sur la momie lui donne un âge d'environ 5300 ans. Ötzi vivait donc au Néolithique. Cette période est connue pour le développement des grandes civilisations du croissant fertile dont on attribue l'expansion au fort réchauffement climatique de l'époque appelé optimum climatique de l'Holocène au cours duquel la température moyenne de

la planète était de 2 °C supérieure à ce qu'elle est actuellement et l'ensoleillement estival de 10 % supérieur à l'actuel.
Cet optimum climatique a succédé à une vague de froid autour de 8200 ans provoquée par la vidange massive d'un lac proglaciaire d'Amérique du Nord qui a déversé dans l'Atlantique près de 5 millions de m^3 par seconde pendant 6 mois et conduit ainsi à un blocage thermo-halin. Ensuite, les conditions orbitales particulièrement favorables ont provoqué la fonte des glaces que l'on peut suivre dans l'affaiblissement du rapport $^{18}O/^{16}O$ dans les tests de foraminifères et l'augmentation du niveau marin.
La zone dans laquelle a été retrouvée la momie appartenait encore il y a peu au Niederjoch Glacier qui depuis 1910 a reculé d'environ 900 m. Les conditions actuelles sont donc proches de celles qu'a connu Ötzi.

- **La mise en tourisme de cet ancêtre emblématique**

La vague d'intérêt international suscitée par la découverte de ce corps et le décryptage de la vie de cet homme à partir des nombreuses techniques d'investigations a immédiatement imposé la réalisation d'un musée qui permettrait d'expliquer au plus grand nombre l'ensemble des enseignements apportés par cette momie. Le musée qui héberge Ötzi se trouve à Bolzano. Il a ouvert en 1998 et accueille 227 000 visiteurs par an. L'intérêt du public pour cette découverte ne faiblit d'ailleurs toujours pas. Le corps repose, depuis 2003 dans une chambre froide où règne une température de 6,12°C et une humidité de 99,42 %. La première chambre froide qui l'avait accueilli en 1998 n'avait pas permis sa conservation optimale. La momie est présentée dans un décor de glace, dans une relative pénombre et n'est visible que par un étroit hublot ne permettant qu'à une personne à la fois de la regarder. La lucarne s'ouvre à l'abri d'un mur présentant des vidéos. Ainsi seules les personnes le souhaitant peuvent voir Ötzi qui reste avant tout, et surtout dans un pays croyant comme l'Italie, une dépouille humaine.
L'institut pour les momies et l'homme des glaces (EURAC) a développé un site web qui permet d'observer de façon détaillée l'ensemble de la momie, à l'aide de vues 3D et de photographies de haute résolution.
Outre le musée de Bolzano, il existe plusieurs structures plus proches du lieu de la découverte qui permettent d'apréhender de façon plus ludique et participative la vie à l'époque de Ötzi.
Côté italien, l'archéopark de Senales situé dans la vallée qui conduit au massif ou a été découvert l'homme des glaces propose outre un musée reprenant les principaux aspects de sa découverte, de sa vie et du milieu dans lequel il vivait, des ateliers qui permettent de s'initier à l'allumage d'un feu, au tir à l'arc…. Un projet Interreg a permis de développer une quinzaine de sentiers qui conduisent à la découverte des différents sites archéologiques de la vallée, le plus élevé étant bien sûr le lieu de la découverte de Ötzi. 130 millions de lires ont ainsi pu être investis dans le développement du tourisme lié à l'archéologie dans cette haute vallée alpine.
Côté autrichien, ötzi-dorf est aussi un archéopark qui fonctionne sur le même principe de l'expérimentation des techniques primitives. Il associe ici la présence d'une ferme abritant quelques ancêtres de nos animaux familiers.

13.5 L'ours des cavernes

L'ours des cavernes est apparu il y a 130 000 ans, au Pléistocène moyen. Son aire d'extension couvrait l'ensemble de l'Europe et dans les Alpes il s'est installé jusqu'à 2000 mètres d'altitude. Cette espèce s'est éteinte à la fin de la glaciation du Würm. Plusieurs gisements d'ossements ont été découverts à travers les Alpes. Dans la grotte du Dragon à Mixnitz en Autriche, les restes de plus de 30 000 individus ont été mis au jour et à l'origine attribués à des dragons ayant occupé celle-ci. En 1987, dans le massif des Conturines, dans le Haut Val Badia, dans les Alpes italiennes, un autre gisement important est révélé (Rabeder, 1992). Il existe bien d'autres sites de moindre extension toutefois. Ceux qui sont présentés ici montrent combien la découverte d'un tel patrimoine peut être utilisé pour faire progresser la recherche mais aussi dynamiser l'économie d'une vallée ou d'un massif.

13.5.1 Le gisement de la Balme à Collomb (n° 59)

- **Découverte du gisement et recherche paléontologique**

Il est découvert à l'automne 1988 par des membres du spéléo-club de Savoie (Pierre Guichebaron et Marc Papet) au fond de la Balme à Collomb (site classé par arrêté du 28 Juin 1993) traversée par des milliers de touristes car se trouvant sur le tracé de l'ascension du Mont Granier. Son porche s'ouvre à 1700 m, sur le flanc ouest du massif. Le passage alors excavé donne accès à un gisement qui s'étend sur une superficie de près de 3000 m^2. Les fouilles menées durant 6 étés consécutifs à partir de 1989 sont conduites par Michel Philippe, responsable des Sciences de la Terre au Muséum d'Histoire Naturelle de Lyon. 12 000 ossements en sont extraits, sur 10 % de la surface du gisement. Ils constitueront une collection conservée au Muséum de Lyon. Le reste du gisement est laissé en l'état pour des prospections futures qui utiliseront sans doute de nouvelles techniques d'investigation.
La nature des ossements retrouvés (âge des oursons d'après la dentition) permet de préciser que cette grotte étaient une grotte à hivernation, dotée d'une « nurserie » dans laquelle, seuls des oursons nouveaux nés ou bien âgés de 1 ou 2 ans ont été retrouvés. L'extension verticale du gisement indique que la grotte fut occupée de –45 000 ans à –24 000 ans environ soit durant au moins 21 000 ans (Philippe, 2004).
L'éboulement de l'entrée de la grotte, qui n'a pas encore été localisée, a isolé ce gisement, le protégeant ainsi de toute perturbation ou destruction.

- **Du gisement au musée de l'ours des cavernes en Chartreuse**

Au cœur du petit village des Entremonts en Chartreuse, alors que l'activité agricole est en déclin, cette découverte est rapidement pressentie par les autorités locales et en particulier le maire Michel Claret, comme un moyen de stimuler une activité touristique en déclin elle aussi en raison d'un manteau neigeux de plus en plus incertain en hiver. Un centre d'interprétation voit le jour en 2002 au cœur du village. 1,5 million d'Euros sont investis pour le bâtiment et la muséographie financé à 37 % par des fonds européens (FEDER), 25 % par des fonds nationaux (FNADT), 19 % par la région Rhône-Alpes, 13 % par le conseil général de la Savoie et 6 % en autofinancement communal. D'une superficie d'environ 600 m^2, cet écomusée n'expose que des moulages des ossements découverts. L'aménagement intérieur est conçu comme l'intérieur d'une grotte dans le style des expositions d'immersion. Le visiteur est amené à travers divers indices à comprendre le mode de vie de l'ours des cavernes, le climat qui régnait à son époque, la formation du gisement… Le mécénat scientifique d'EDF a permis en 1998 de réaliser les relevés nécessaires à la reconstitution 3D de la grotte qui est présentée dans un film 3D au cœur du dispositif muséographique.
Des événementiels permettent de renouveler l'offre, de créer de l'interactivité avec les visiteurs dont la fréquentation est d'environ 22 000 par an (Figure 3.49).

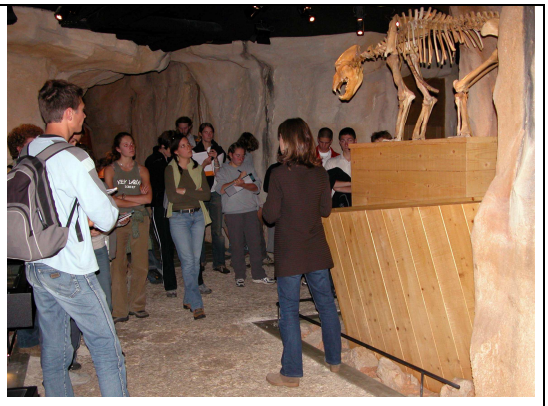


Figure 3.49 : Entrée du musée de l'ours des cavernes et visite de groupe

13.5.2 La grotte aux ours du Monte Generoso (n° 117)

- **Découverte du gisement et recherche paléontologiques**

La grotte a été découverte durant l'hiver 1989 par deux spéléologues, Francesco Bianchi-Demicheli et Sergio Vorpe, de la section tessinoise de l'association spéléologique suisse. Les premières études réalisées par Fusco ont été suivies par une première campagne de fouilles, dirigée par le professeur Tintori de l'Université de Milan qui révéla un gisement d'une importance exceptionnelle dont l'intérêt principal reposait sur la présence majoritaire (90 %) d'ossements d'ours des cavernes.

Les différents niveaux de dépôts ont permis de recueillir plus de 20 000 ossements appartenant à différentes faunes qui se sont succédé sur le Monte Generoso entre – 60 000 et – 38 000 ans, les niveaux les plus profonds étant encore en cours d'étude. Cette période correspond au début du stade isotopique 3 qui marque le passage d'une phase climatique froide et aride à une phase plus tempérée et humide.

Trois associations faunistiques se sont succédé à l'intérieur de la grotte La plus ancienne associe : *Ursus spalaeus* l'ours des caverne mais aussi le chamois, le bouquetin, le loup et la marmotte. Le climat était alors plus rigoureux qu'aujourd'hui. La seconde : *Ursus spalaeus* est rencontré avec l'élan, le cerf élaphe et la marmotte, témoins d'un radoucissement climatique. La plus récente présente une association similaire à la faune actuelle. La répartition des âges des différents ossements trouvés montre que les jeunes sont surreprésentés dans les niveaux intermédiaires ce qui pourrait s'expliquer par le fait que la grotte ait servi de nurserie.

- **Mise en tourisme de la caverna generosa**

L'accès touristique le plus simple se fait principalement par la gare d'arrivée du train du Monte Generoso donc en territoire suisse. Afin de valoriser l'offre touristique à partir de l'Italie, la région Lombarde et la province de Côme, dans le cadre d'un projet plus large intitulé : Grand

Figure 3.50 : Le chemin d'accès et la grotte de l'ours du Monte Generoso

projet intégré de la montagne (GPM) doté de 2 millions d'euros de financement a mis en place un sentier didactique au départ du refuge d'Orimento, terminus de la route en provenance d'Argegno au bord du lac de Côme. Ce sentier a nécessité un investissement de 51 000 euros (Photo 3.50). D'une dénivelée de 424 m il est praticable à la belle saison et propose 10 panneaux qui retracent l'histoire géologique du Monte Generoso, les recherches paléontologiques sur la grotte... mais aussi des aspects liés aux paysages montagnards parcourus.

13.6 Les Alpes une terre aux risques naturels exacerbés

Les roches, la pente et le réchauffement climatique sont trois facteurs qui confèrent aux aléas naturels une place importante dans l'évolution actuelle des paysages alpins mais aussi

dans les risques naturels qui en découlent pour les sociétés qui se sont installées sur ces terres d'altitude.

13.6.1 De l'écroulement du Rossberg au Tierpark de Goldau (n° 245, 246)

- **Origine géologique du site**

Le massif du Rossberg qui culmine à 1568 m est composé principalement de Nagelfluh, poudingue oligo-miocène constituant la molasse d'eau douce inférieure qui s'est déposée il y a 22 à 30 millions d'années. Dans la plaine alluviale au climat tropical qui occupait alors le terrain, des rhinocéros sans cornes (*Acerotherium)* parcouraient les vastes deltas fluviaux et les forêts. Ce Nagelfluh, composé de galets hétérogènes arrondis, de tailles centimétriques à décimétriques présente un pendage de 15 à 20 degrés vers le sud conforme à la pente du relief et donc propice à l'écroulement

Le 2 septembre 1806, 40 millions de m^3 de Nagelfluh dévalèrent les pentes du Rossberg ensevelissant le village de Goldau. Parvenu dans le lac de Lauerz, la masse glissée provoqua un tsunami qui détruisit le village de Seewen situé à 3 km sur la rive opposée du lac. 457 personnes perdirent leur vie dans la catastrophe considérée comme la plus importante que la Suisse ait connu à l'époque historique. Cet événement succédait à un épisode de fortes pluies qui avaient gorgées d'eau les marnes sur lesquelles reposent le conglomérat. L'instabilité de ce versant s'était déjà manifestée à des époques préhistoriques ainsi qu'en 1222, comme l'on démontré les études conduites par l'Université de Zurich sur les sédiments lacustres. Un dernier événement, le 15 octobre 2002 entraîna encore 5 000 m^3 dans la pente (Thuro, 2006).

- **Mise en valeur touristique**

En 1925, un parc animalier a été créé sur le site de l'écroulement, de nombreux animaux qui peuplent les espaces sauvages de la Suisse y sont présentés en semi-liberté au milieu des blocs éboulés dont certains atteignent une dizaine de mètres de hauteur.

Figure 3.51 : Bloc de Nagelfluh dans le Tierpark de Goldau

Le site attire plus de 300 000 visiteurs par an. En 1999, un sentier d'interprétation a été développé à l'intérieur du parc, il complète deux offres plus sportives qui permettent d'atteindre la niche d'arrachement de l'écroulement située presque au sommet du Rossberg. A l'entrée du parc un petit musée présente les aspects humains liés à cette catastrophes qui marqua profondément l'imaginaire collectif. Le bicentenaire de l'écroulement a été l'occasion de manifestations qui ont permis de montrer les progrès faits en Suisse en ce qui concerne la prévention de ces risques naturels.

13.6.2 Les sentiers d'interprétation sur le thème des risques naturels

Ce thème est encore peu valorisé sur l'ensemble de l'arc alpin en tant que sujet principal d'une offre géotouristique. Il est souvent abordé lorsqu'un sentier s'approche du lieu d'une catastrophe naturelle mais cette présentation reste la plupart du temps succincte. Ainsi dans le sentier qui conduit aux traces de dinosaures de Lavini di Marco, le sentier passe près de l'écroulement que Dante Alighieri cite au chapitre XII de sa Divine Comédie écrite au début du XIVe siècle. La France se distingue dans cette offre puisqu'elle propose 6 sentiers sur ce thème.

Le travail pédagogique des services de Restauration des Terrains en Montagne

En charge de la prévention des risques naturels en montagne, ce service rattaché à l'ONF a réalisé au début des années 2000, dans le département de l'Isère, cinq sentiers d'interprétation concernant les différents aléas dont ils assurent la prévention.

La lutte contre l'érosion, thème du sentier de Pellafol (n° 36)

- **Contexte géologique**

L'érosion quaternaire a mis à nu les formations marneuses du jurassique moyen ainsi que les terres noires sous-jacente. Puis, les deux dernières occurrences glaciaires ont marqué la région suivant la même évolution. A l'occasion du maximum glaciaire, un lac s'est formé en raison du barrage de la vallée du Drac par les glaciers Rissiens puis Würmiens, le lac de Beaumont. Des limons lacustres se sont alors déposés puis des cailloutis fluviatiles lors des retraits glaciaires formant ainsi les terrasses supérieures (Rissienne) et inférieure (Würmienne).
Afin d'améliorer le rendement des terres agricoles de la plaine au climat sec de Pellafol, le « canal de la Souloise » a été percé. Il capturait l'eau 8 km au sud près de St Didier-en-Dévoluy. L'irrigation abusive de ces terres ainsi que les fuites du canal on conduit à la déstabilisation des terrasses. Une fois déclenché, le phénomène est difficile à arrêter. Chaque orage en amplifie les effets.
Les travaux de correction sont de trois types : assainissement par drains ; barrages pour fixer le profil en long et soutenir les berges ; embroussaillement et plantations qui ont permis de stabiliser les sols et les berges des ravins, de réduire la pente du versant ainsi que le transport des matériaux.

- **Le sentier**

Au départ du hameau du vieux Pellafol, trois boucles (1h30, 3h00, 6h00) sont proposées.
Le hameau a été particulièrement touché par l'érosion des terrains puisqu'une grande partie des terres cultivables a été entraînée en 1889 et que durant la guerre de 14-18, le dernier pan de mur de l'église du village a été précipité dans le vide.
Dans certaines zones, l'érosion moins brutale donne naissance à des cheminées de fée.
Le sentier permet ensuite de découvrir les différents types de corrections mis en place par le service RTM**.**

La prévention des crues torrentielles (n° 34)

Plusieurs torrents de la vallée de la Guisane ont donné lieu au cours du XXe siècle à des crues torrentielles dévastatrices pour l'urbanisme.

- **Contexte géologique**

Le bassin versant du torrent repose sur une série sédimentaire inversée, à pendage 60° ouest où dominent les terrains houillers composés de grès et de conglomérats polygéniques. Ils sont surmontés par les quartzites triasiques qui composent la croix de la Cime (2606 m). Le bassin de réception, situé au-dessus de 2100 m d'altitude est un vaste cirque glaciaire occupé par une pelouse alpine présentant de nombreuses zones marécageuses en raison d'une insuffisance de drainage. En effet, les formations quaternaire peuvent y atteindre 35 m d'épaisseur et reposent sur le houiller imperméable. L'augmentation de la pente au-dessus de 2100 m a été à l'origine d'importantes coulées anciennes que l'on a pu dater de la charnière Boréal atlantique grâce a une datation réalisée sur des morceaux de bois retrouvées dans celles-ci.
Déstabilisées par les crues de 1981 et 1988, cette zone est devenue une source importante de matériaux mobilisables. Au sein du chenal d'écoulement il existe plusieurs zones d'accumulation qui correspondent à des parties où la pente du torrent diminue. Au-dessous du barrage Blanchard, la mise à nu du substratum lors des dernières crues à stabilisé le lit du torrent mais en cas de crue, des apports peuvent se faire par les bassins versants.
D'autant que l'incision provoquée lors des derniers épisodes a augmenté l'instabilité des versants. Ainsi des mouvements de terrains ont pu être suivi grâce à des marqueurs implantés en surface depuis 1990. Les déplacements observés montrent l'existence

justifiant le blocage de l'urbanisation sur une partie du cône et démontrant l'insuffisance actuelle de la correction.

- **La création du sentier d'interprétation**

Soumise aux crues torrentielles du torrent du Verdarel, la commune de St-Chaffrey a souhaité mieux faire comprendre l'importance de ce risque afin de mieux faire accepter les contraintes d'urbanisme qu'il entraîne. Elle a confié à la Société Géologique et Minière du Briançonnais ainsi qu'à l'association de réinsertion Naturoscope la réalisation de ce sentier.

13.7 Conclusion

Le Quaternaire ne représente qu'une infime partie de l'histoire des Alpes et pourtant par sa proximité temporelle qui explique que les événements géologiques y sont bien visibles et par un certain nombre de thèmes qui le caractérisent comme les glaciations, l'implantation humaine, les grottes et les risques naturels, c'est une période particulièrement riche pour les thèmes à mettre en tourisme. L'actualité du réchauffement global donne une dimension nouvelle à la succession des périodes glaciaires et interglaciaires ainsi qu'à l'ultime réchauffement en cours**.** Les impacts de cette évolution récente sur les paysages alpins sont particulièrement démonstratifs et les conséquences de ce réchauffement sur le développement des risques naturels est un enjeu important d'aménagement des territoires pour les sociétés alpines. D'où la nécessité de faire comprendre au plus grand nombre l'évolution en cours et les conséquences à venir. En France, le service Restauration des Terrains de Montagne a déjà développé 7 sentiers à thèmes sur les risques naturels et l'ONF, en partenariat avec le parc naturel des Bauges est actuellement en train de développer un sentier d'interprétation sur le glissement du Chätelard qui s'est déroulé en mars 1931 et a nécessité récemment l'aménagement d'une importante plage de dépôt dont il fallait expliquer la raison à la population. Les outils géotouristiques sont aussi un moyen d'expliquer et de faire comprendre au plus grand nombre les enjeux de la prévention en matière de risques naturels, enjeux financièrement coûteux et qui nécessitent parfois des arbitrages qu'il n'est pas toujours simple de justifier. Ces outils sont donc nécessaires à la diffusion d'un certain nombre de connaissances que l'on peut juger indispensables à l'éducation à une certaine géocitoyenneté.

Chapitre 14 : Les nouvelles technologies au service de la mise en réseau des patrimoines géotouristiques

La plupart des sites géotouristiques sont le résultat de l'appropriation d'un patrimoine géologique par un groupe d'acteurs privés ou publics ayant un projet de développement local s'appuyant sur cette ressource territoriale. Ce projet peut poursuivre une ambition identitaire ou culturelle auxquelles peut être associée une perspective économique, le site devant assurer sa propre rentabilité, ou bien participer de l'économie touristique locale via des retombées secondaires. Une grande partie des sites présentés dans ce travail relève d'une offre géotouristique confidentielle, de portée locale, ainsi par exemple de la maison de la mine de la Croix-sur-Roudoule dans les Alpes de Haute-Provence ou bien de la mine de mercure de St-Anne en Slovénie. Pour les autres sites, en particulier ceux qui relèvent d'une offre commerciale, qui a nécessité de lourds investissements, il est nécessaire que la communication soit performante et largement diffusée. La plupart de ces sites ont donc développé une interface de communication via le web. Mais l'offre est souvent isolée et difficilement accessible au travers de quelques mots clés et de moteurs de recherche généralistes comme Coogle. La mise en réseau des réseaux des sites est une première étape vers plus de lisibilité sur la toile. Le terme de réseau est ici entendu au sens de réseaux virtuels via des portails numériques. Ces réseaux améliorent l'identification de l'offre afin de mieux la faire connaître. Ils peuvent, le cas échéant, présenter l'ensemble de l'offre touristique d'une destination mais, dans ce cas, l'offre géotouristique perd sa spécificité car inclus dans une offre plus globale. Ainsi, le site internet « myswitzerland » a classé l'offre géotouristique dans les onglets, musées ou sentiers sans qu'apparaisse une entrée spécifique à ce thème. Les réseaux peuvent aussi avoir été conçus par les acteurs d'une filière qui peut relever du secteur privé comme le site officiel de l'Association Suisse des Exploitants de Cavernes aménagées pour le Tourisme (ASECAT) ou bien du secteur public comme le site du Ministère autrichien de l'environnement qui propose un portail des sentiers d'interprétation du pays dont bien sûr les sentiers abordant le thème de la géologie (http://lehrpfade.lebenministerium.at). Mais alors, il n'y a souvent qu'une seule catégorie d'offre géotouristique à être valorisée.
Peu de portails regroupent des informations de portée internationale à l'exception du site « showcaves - http://www.showcaves.com/ » développé par Jochen Duckeck un spéléologue informaticien allemand qui recense plusieurs centaines de grottes et de mines dans le monde, ainsi que le site du réseau « European geopark - http://www.europeangeoparks.org/ » qui présente l'ensemble des géoparcs européens, ou bien celui du programme « Iron route - http://www.ironroute.org/» consacré au réseau des mines touristiques qui ont participé à ce projet alpin.

Il est donc difficile d'obtenir des informations complètes via le web. Les recherches conduisent le plus souvent à une informations parcellaire, diffuse, en langue étrangère, trop souvent commerciale et pas assez géologique.

Pour ce qui est de l'apprentissage de la géologie et de la découverte géologique des sites géologiques sur le terrain, la France est particulièrement bien représentée, en effet, en raison de la place des géosciences dans les programmes scolaires, l'éducation nationale et le ministère de la Recherche soutiennent des équipes chargées de développer les Technologies de l'Information et de la Communication dans l'Enseignement pour ce domaine. Ainsi, Planet-Terre (http://planet-terre.ens-lyon.fr/), site hébergé à l'Ecole normale supérieure de Lyon, est un portail développé à destination des enseignants en sciences de la Vie et de la Terre qui propose, outre des conférences en ligne sur les nouveautés du programme de géosciences, de nombreuses applications de terrain : sorties, illustrations… ; les sites des équipe ACtualisation Continue des Enseignants en ScienceS (http://acces.inrp.fr/acces/terre)et le groupe de recherche géomatique de l'équipe Praxis (http://praxis.inrp.fr/praxis/projets/geomatique/) de l'Institut National de la

Recherche Pédagogique proposent eux, une école de terrain, et des expérimentations en géosciences (le logiciel géonote pour préparer une classe de terrain) utilisant les TICE… Le Bureau de Recherche Géologique et Minière a développé son site de soutien pédagogique : « Eduterre - http://eduterre.brgm.fr/ »et le Centre National de la Recherche Scientifique a créé un site de transfert des connaissances : « les sciences de la Terre au Lycée - http://www.cnrs.fr/cnrs-images/sciencesdelaterreaulycee/ ».

Des initiatives personnelles ont aussi vu le jour portées, entre autre, par des universitaires. Deux d'entre elles concernent les Alpes : le site de Christian Nicollet : « TransAlpes - http://www.labosvt.com/TransAlpes/ »qui propose une promenade géologique à travers les Alpes destinées au niveau lycée et celui de Paul Gidon : « Geol-Alp - http://www.geol-alp.com/» qui interprète de nombreux paysages alpins. Des enseignants du secondaire de l'académie de Grenoble, Jean-Pierre Cailly, Christèle Capuozzo, Florian Grenier et Jean Penel se sont également mobilisés pour réaliser un CD-Rom « Formation des Alpes ».

En Suisse des outils ont aussi été développés afin d'aider à l'apprentissage des géosciences via le Web. On peut citer le cours en ligne : « Objectif Terre - http://objectif-terre.unil.ch/ » qui propose deux niveaux de lecture et de compréhension du système Terre via l'analyse de sept environnements géodynamiques. Le site présente une reconstitution paléogéographique animée de l'histoire des Alpes d'une grande qualité tant sur le fond que sur la forme de la présentation. Et le portail Suiss-Educ qui regroupe de nombreuses ressources en ligne dont un dossier concernant les glaciers (http://www.swisseduc.ch/glaciers/index-en.html). On peut aussi citer le Muséum d'Histoire Naturelle de Genève qui propose de nombreuses ressources concernant la géologie de la Suisse, des balades géologiques mais également une présentation de différentes mines du pays. Comme en France, certains géologues diffusent auprès du plus grand public le résultat de leur travail, ainsi, le professeur Michel Marthaler à l'occasion de la sortie de son ouvrage, *Le Cervin est-il africain ?*, a élaboré un site internet sur le thème de l'histoire des Alpes (http://www.cervin-africain.ch/).

Pour les autres pays l'offre est plus difficile à caractériser, des sites ont bien été identifiés mais ils relèvent davantage d'une offre culturelle destinée à un grand public (Allemagne : le portail « geoUnion - http://www.geo-union.de/ » de l'Institut Alfred-Wegener ; Autriche : le portail du service géologique national qui propose une histoire géologique du pays en anglais : « Rocky austria - http://www.geologie.ac.at/RockyAustria/rocky_austria.htm » ; Italie : le site de l'association italienne « Géologie et Tourisme - http://www.geologiaeturismo.it » Il faut dire que dans ces pays les géosciences ne sont pas véritablement intégrées dans les programmes scolaires, même si certains thèmes sont malgré tout abordés durant la scolarité.

Dans le but de diffuser auprès du plus grand nombre les itinéraires réalisés et présentés dans les chapitres précédents, et afin de faire connaître les sites géotouristiques les plus pertinents pour reconstituer une histoire géologique des Alpes, une plate-forme multimédia a été développée parallèlement à ce travail de doctorat. (Figure 3.52)…

Ce projet poursuivait plusieurs objectifs :

- Mettre en réseau des géosites existants mais dispersés sur la toile ou d'un accès difficile en raison de la langue employée.
- Offrir plusieurs niveaux de lecture afin de s'adresser au public le plus large possible tout en renforçant l'approche géologique pas toujours très développée.
- Proposer différents critères de sélection. L'internaute pouvant accéder aux données par des entrées : géographique, thématique ou géologique.
- Développer une interface virtuelle animée afin de proposer des balades virtuelles permettant de voyager dans l'histoire géologique de la chaîne alpine à travers les grandes unités structurales de celle-ci.
- N'utiliser que des logiciels libres afin de contribuer à répandre leur usage.

Le site développé est hébergé sur le serveur du laboratoire EDYTEM.

Figure 3.52 : Site internet : le Géotourisme dans les Alpes (http://edytem.univ-savoie.fr/membres/cayla/geosite)

Dans un premier temps, une base de données de 100 géosites touristiques (Figure 3.53) a été constituée sur la base de ceux retenus précédemment afin de raconter l'histoire géologique des Alpes. Pour chaque site, une fiche de deux pages a été réalisée. Elle regroupe des informations concernant des aspects liés aux aménagements touristiques proposés sur le site mais surtout des informations géologiques qui, dans certains cas ont nécessité de compiler les travaux de recherches non encore valorisés par les aménagements touristiques.

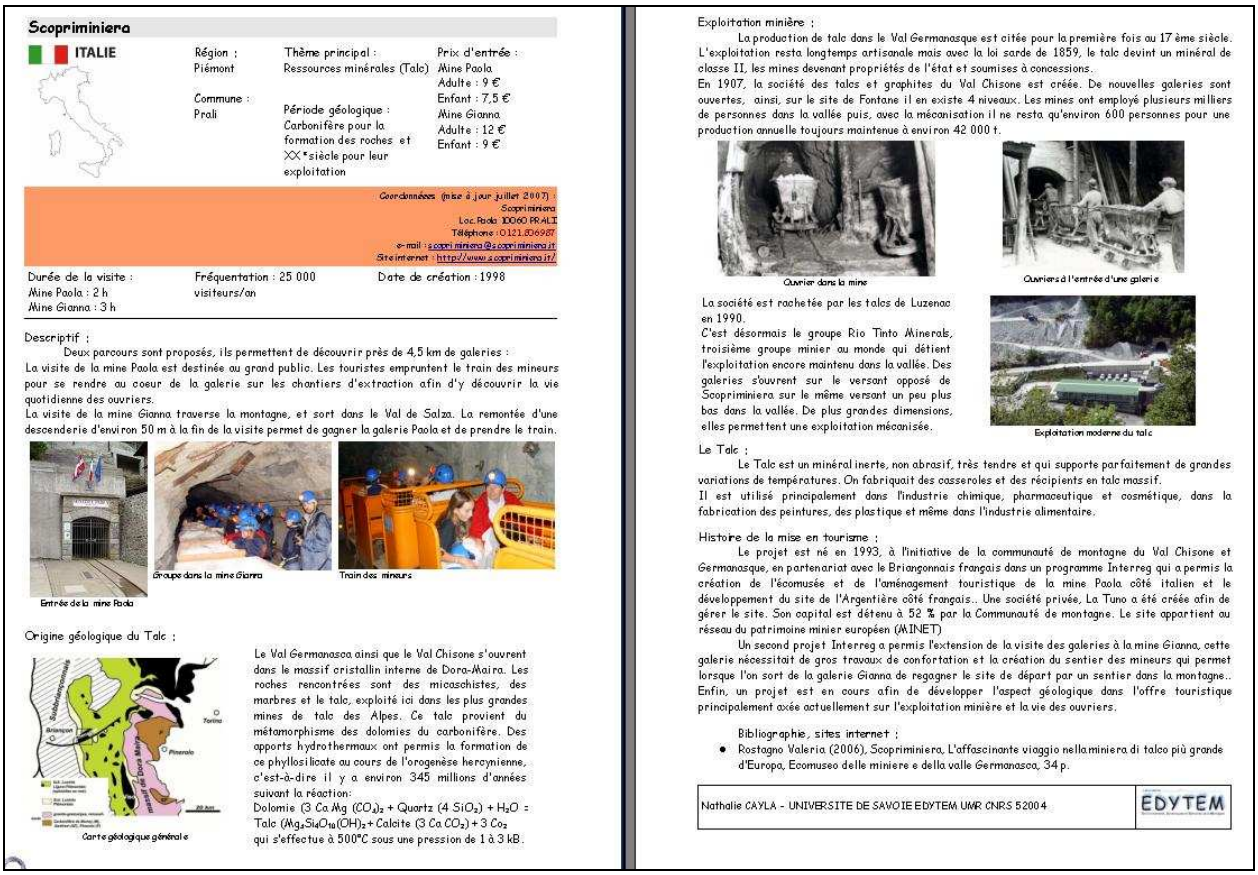


Figure 3.53 : Fiche correspondant au site géostoutistique de Scopriminiera dans le Piémont

Chaque fiche est accessible via une page html, ce qui pose le problème de l'affichage qui dépend de la taille de l'écran de l'internaute. Afin de remédier à de possibles difficultés de lecture et de faciliter l'impression éventuelle du document, un fichier .pdf qui fige le document lu par l'internaute est associé à chacune des fiches. Chaque fiche a été réalisée sous Open-office, logiciel libre qui permet un enregistrement en format html de bonne qualité.

Parallèlement, l'architecture d'un site web a été réalisée à l'aide du logiciel libre Joomla. Ce terme est la transcription phonétique d'un mot swahili qui signifie "tous ensemble", ou encore "en un tout". Logiciel relativement convivial d'utilisation et évolutif il répondait à l'ensemble des contraintes de développement et de maintenance définies pour le site. Utiliser en plate-forme de travail collaboratif à distance il permettait de gérer facilement la phase de développement qui a nécessité l'implication d'un spécialiste des TICE (Jean-Marie Barneauc – Laboratoire LLSH de l'Université de Savoie) au projet. Il assure aussi une facilité de maintenance permettant de corriger, à l'aide d'un mot de passe, les informations de n'importe quelle interface web.

Il a été choisi de donner accès aux 100 fiches entrées dans la base de données via différents critères de sélection : par pays (les 6 pays de l'arc alpin), par produits touristiques (Grotte, mine et carrière, gorges et canyons, muséum et sentiers), par thème (Géomorphologie, karstologie, minéralogie/pétrographie, paléontologie, préhistoire, ressources minérales, stratigraphie et tectonique et enfin par unité géologique (Alpes externes : couverture, alpes externes : socle, alpes internes : pennique et alpes internes : austro et sud-alpin) (Figure 3.54). L'accès aux fiches se fait ensuite via une carte cliquable ou bien une liste.

Figure 3.54 : Interface d'accès à l'ensemble des sentiers sélectionnés

Enfin, un outil innovant a été développé afin de réaliser des balades virtuelles animées retraçant, de façon chronologique, les principales étapes de l'histoire géologique des Alpes. Une nouvelle sélection a été faite parmi les 100 sites déjà présentés et ceux-ci ont été regroupés afin de raconter en quelques minutes chacune des 6 étapes retenues : Paléozoïque, Trias, Jurassique, Crétacé, Cénozoïque et Quaternaire. Les nouvelles possibilités offertes par le logiciel Google Earth depuis janvier 2009 ont ensuite été utilisées afin de fixer les étapes du voyage dans le temps puis d'animer la balade. L'ensemble des informations pour chacune des périodes géologiques est enregistrée dans un fichier .kmz que l'internaute n'a plus qu'à télécharger sur son ordinateur, cette opération ouvre automatiquement le logiciel Google Earth et l'animation peut être lancée. Un commentaire se déroule alors s'arrêtant sur chacun des points ou des informations simplifiées par rapport à la fiche originale sont proposées.
Ainsi, pour le Jurassique, 8 sites ont été retenus sur les 9 étudiés, 8 arrêts ont été placés sur Google Earth et une balade géologique virtuelle de 3 minutes a été enregistrée afin de parcourir les quelques 55 millions d'années du Jurassique (Figure 3.55)

Figure 3.55 : Ecran de navigation sur Google Earth de la balade géologique à travers le Jurassique

Enfin, afin de faciliter une recherche éventuelle de l'internaute des fiches originelles présentant un supplément d'information, celles - ci ont été regroupées pour chaque période en un livre électronique qui peut être feuilleté directement à l'écran.

Le développement de ces différentes interfaces web avaient pour dernier objectif de contribuer à la médiation des géosciences, élément trop souvent négligé dans les pratiques géotouristiques. En effet, pour la plupart des sites retenus, il a été retrouvé une littérature scientifique si ce n'est toujours abondante ou actualisée, à tout le moins existante et trop souvent sous-exploitée, banalisant le discours de médiation proposée par les sites étudiés. La mise en réseau des sites retenus a été choisi comme un moyen de leur donner une nouvelle dimension comme élément d'une histoire géologique qui peut se lire à différentes échelles.

Conclusion

Une histoire géologique des Alpes peut être construite à partir des sites aménagés pour le géotourisme. Un certain nombre de lacunes se font jour cependant.

Ainsi, dans la représentation des différentes périodes de l'histoire des Alpes, des déséquilibres apparaissent, certaines étant sur-représentées alors que d'autres le sont insuffisamment. Le Trias et surtout le Quaternaire illustrent ces sur-représentations. Ces périodes géologiques occupent, au regard de leur durée, une grande place dans le nombre de géosites valorisés. Plusieurs explications peuvent être avancées : la facilité d'interprétation des phénomènes quaternaires bien visibles dans le paysage, mais aussi les thèmes qui sont liés à cette période comme les glaciers, les risques naturels ou bien l'occupation humaine de la chaîne alpine. Pour ce qui est du Trias le massif des Dolomites abrite de nombreux géosites touristiques en effet, cette période est non seulement importante à l'échelle de l'histoire des Alpes mais les Dolomites sont aussi emblématique de l'histoire géologique triasique à l'échelle de la planète.

Au contraire, certaines périodes géologiques sont sous-représentées comme le Crétacé ou l'Eocène, périodes dont les traces sont pourtant bien visibles dans le paysage en particulier dans les massifs subalpins où l'Urgonien est un élément incontournable. Périodes, de plus, au cours desquelles des événements importants de l'histoire de la chaîne se sont déroulés : la subduction suivie par la collision continentale qui a entraîné émersion et érosion sous un climat tropical humide. Mais à l'échelle de la chaîne alpine, la plupart des sites qui illustrent cette histoire ont une portée souvent locale ou peu spectaculaire car non liés à des faunes ou des flores emblématiques…

Les lacunes proviennent aussi des thèmes abordés ainsi, les sites paléontologiques ou miniers sont sur-représentés par rapport aux sites purement stratigraphiques ou tectoniques. On peut ici invoquer les différences d'implication des acteurs à l'origine des processus de patrimonialisation des géotopes et souligner encore un fois le rôle souvent moteur des paléontologues qui peut s'expliquer par les menaces qui pèsent sur cette catégorie d'objets géologique sur le terrain. On peut aussi rappeler l'investissement de ce champ patrimonial par les acteurs locaux et souvent, les anciens mineurs ont à cœur de ne pas voir se perdre un passé qui a uni l'homme et la pierre. De plus, les sites miniers ou paléontologiques sont à multiples facettes, ils ont un intérêt géologiques avant tout mais aussi humain lié à l'histoire d'une région. Un site stratigraphique attirera beaucoup moins l'intérêt des non spécialistes ce qui conduit parfois à leur disparition pure et simple comme le stratotype de l'Hauterivien en Suisse. On peut ici souligner les efforts qui ont été fait en France justement pour revaloriser ces stratotypes avec l'édition d'ouvrages culturels soutenus par le Muséum d'histoire Naturelle dont le premier volume portant sur le Lutétien est paru en 2008.

Conclusion

Conclusion générale

L'objectif de ce travail était de mieux comprendre la place désormais occupée par les géosciences dans la société civile mais également celle gagnée par le patrimoine géologique au cœur de ces mêmes géosciences. Dans cette perspective, le géotourisme a été choisi comme indicateur du degré d'appropriation des géopatrimoines par le grand public mais aussi comme révélateur de l'intérêt porté par les géoscientifiques à ce nouveau champ disciplinaire. L'étude comparative des six pays alpins visait la mise en perspective des choix sociétaux réalisés par chacun d'eux en fonction de leur histoire mais aussi de leur organisation politique et institutionnelle.

Le bilan réalisé dans la première partie montre que désormais le patrimoine géologique a acquis sa légitimité au sein de la sphère patrimoniale. A l'échelle internationale, des organismes comme l'UNESCO ont joué un rôle important dans cette reconnaissance. Les institutions européennes ont aussi participé de façon active en soutenant, par différents programmes de financement, des projets qui ont permis en particulier de faire émerger des réseaux d'acteurs spécifiques. Ainsi, le projet *European Geopark* mais aussi d'autres programmes LEADER et IBTERREG. ont vu le jour avec pour objectif de protéger, et de valoriser de nombreux géosites mais aussi de créer des synergies entre territoires. L'Année Internationale de la Planète Terre (2007-2009) est venue à propos mobiliser l'ensemble des acteurs déjà sensibilisés afin de soutenir les efforts déjà réalisés. Toutefois, ces formes de reconnaissance, qui répondent à des demandes émergeant de territoires à la recherche de ces labels, n'exercent pas un contrôle en amont sur la représentativité des différents objets géologiques proposés d'où des distorsions sensibles dans les thèmes et donc les disciplines géoscientifiques ainsi mis en valeur.

Du point de vue institutionnel la prise de conscience est effective, des outils juridiques à l'échelle des Etats mais aussi des outils tels les inventaires sont disponibles et des réseaux d'acteurs influents ont commencé à s'organiser.

L'analyse comparative réalisée dans chacun des six pays a mis en évidence différents niveaux d'investissement de ce champ patrimonial. Allemagne et Italie peuvent être considérés comme les deux pays les plus mobilisés. En effet, ils ont déjà réalisé un inventaire de leur patrimoine géologique, même si des différences persistent entre Länder ou régions. Ces deux pays ont, de plus, créé de nombreux outils de développement local s'appuyant sur la mise en valeur de ce patrimoine : une journée du patrimoine géologique pour l'Allemagne, les 100 plus beaux géotopes pour la Bavière, des réseaux de soutien au développement de projets de protection et de valorisation des géopatrimoines pour l'Italie, un SIG en ligne de l'inventaire des géosites pour la région du Trentin… Les autres pays, engagés plus récemment à une échelle nationale, ont su innover et développer des modes d'action propres. Ainsi, en Autriche les démarches sont soutenues activement par le service géologique national ; la Slovénie possède déjà une expérience reconnue en matière de patrimoine karstique ; la Suisse, grâce à des cantons moteurs comme celui du Valais ou du Jura a officialisé ses démarches à l'échelle de la confédération ; quant à la France, les volontés institutionnelles sont en train de rejoindre les initiatives locales et de nombreux projets commencent à aboutir.

La reconnaissance de la valeur patrimoniale des objets géologiques leur a permis d'accéder au statut de ressource territoriale. Des formes originales de développement local s'appuient désormais sur les géopatrimoines, comme le géotourisme, niche touristique aujourd'hui en pleine expansion. Afin de vérifier sur le terrain l'efficacité des dispositifs politico-institutionnels mis en

place, aux différentes échelles territoriales, un inventaire des géosites touristiques alpins a été réalisé. Pour cela une typologie a dû être établie et cinq catégories ont été retenues :

- les géosites touristiques valorisés *in situ* : grottes, gorges, mines et carrières ainsi que les sentiers d'interprétation géologique qui associent plusieurs géotopes dans une perspective pédagogique ;
- les géosites touristiques valorisés *ex situ* : correspondant à la nébuleuse muséographique.

388 géosites destinés à des pratiques géotouristiques ont été inventoriés : le terme de géotourisme relevant ici tout autant du domaine des loisirs de proximité, voire de l'offre culturelle à destination des habitants. En effet, cette niche touristique s'appuie sur une offre destinée bien sûr à la diversification touristique de certains territoires mais aussi à l'animation de ces derniers par la création d'événementiels par exemple. Cette dimension est importante car le géotourisme ne pourra se développer que si tous les moyens sont mis pour que partout des efforts de sensibilisation soient en permanence réalisés.

Les géosites mis en valeur traduisent, suivant les pays considérés, des différences d'approche culturelle quant à la forme prise par la mise en tourisme :

- l'Allemagne, l'Autriche ainsi qu'un certain nombre de cantons suisses privilégient les pratiques touristiques qui permettent de découvrir sur le terrain le patrimoine géologique. Ces pays possèdent un réseau important de sentiers d'interprétation sur le thème des géosciences et ont ouvert de nombreuses mines, carrières, gorges ou grottes aux pratiques géotouristiques. Le public est d'ailleurs au rendez-vous puisque c'est dans ces pays que l'on trouve les fréquentations géotouristiques les plus élevées, 350 000 pour la mine de Berchtesgaden, 300 000 pour les gorges de Breitachklamm, 100 000 pour chacune des grottes du Dachstein…. Deux raisons peuvent expliquer cet état de fait : un attrait marqué des habitants pour les pratiques sportives de pleine nature en raison d'une approche naturaliste plus développée dans ces pays mais aussi l'origine des acteurs mobilisés par ce champ patrimonial : ainsi en Autriche le Club Alpin National a joué un rôle particulièrement important dans le développement des sentiers d'interprétation du pays.
- la France, l'Italie mais aussi un canton comme le Valais, en Suisse, ont investi ce champ par une approche plus culturelle en développant un important réseau de musées abordant le thème des géosciences. Les investissements sont alors souvent plus importants, et la rentabilité du produit sur le long terme doit pouvoir être assurée. Cette approche peut s'expliquer par une sensibilité plus grande à l'aspect culturel lié au patrimoine mais aussi par la nature des acteurs mobilisés qui sont davantage des acteurs issus du monde de la culture. L'échelle territoriale décisionnelle, est aussi importante, seuls des départements ou des régions pouvant supporter de tels investissements publics, puis assurer la gestion, parfois déficitaire, il faut le dire, de tels outils. Là encore le public est cependant souvent au rendez-vous puisque le Muséum d'histoire Naturelle de Milan attire 350 000 visiteurs par an et le Musée de Préhistoire des gorges du Verdon plus de 70 000.

Ainsi, deux types de grandes pratiques géotouristiques se font jour :

- l'une, principalement développée dans les pays germanophones, qui s'appuie sur une approche de terrain et enracine le géotourisme au cœur des pratiques écotouristiques.
- l'autre, principalement développée dans les pays latins, qui s'appuie sur une approche muséographique, donc plutôt délocalisée et enracine le géotourisme au cœur du tourisme culturel.

Pour ce qui est des thèmes abordés, des spécificités ont été identifiées :

- L'**Autriche** possède le plus grand nombre de mines ouvertes au public, ces mines marquant d'ailleurs de leur empreinte de nombreux paysages actuels du pays. La plupart de ces mines

touristiques sont le résultat d'une forte mobilisation locale qui a permis de sauvegarder des sites et de leur donner une seconde existence.

- La **France** est pratiquement le seul pays à avoir développé un réseau de sentiers d'interprétation sur le thème des risques naturels, elle en possède huit, créés à l'initiative du service RTM de l'ONF pour la plupart d'entre eux. Ceci illustre l'importance que peuvent avoir certains acteurs clés dans le choix des projets d'aménagement géotouristiques.
- L**'Italie** privilégie les relations entre patrimoine géologique et architecture ce qui permet de mettre en valeur les différents matériaux de construction du pays pour la plupart toujours en exploitation et de développer le géotourisme urbain.
- En **Suisse** de nombreux géosites touristiques abordent le thème de la glaciologie. L'empreintes des dernières glaciations mais aussi du réchauffement actuel sur l'évolution des paysages ainsi que les liens culturels qui unissent les suisses à leurs glaciers expliquent le développement de ce thème.
- Pour l'**Allemagne** et la **Slovénie**, il est plus difficile de percevoir des originalités le nombre de sites étudié étant limité.

L'ensemble de l'offre géotouristique répertoriée peut également être classée en offre commerciale : la majorité des musées, grottes, gorges, mines et carrières et en offre non commerciale : les sentiers d'interprétation géologique. Ce sont ainsi quelques 250 sites qui nécessitent l'acquittement d'un droit d'entrée. Les chiffres de fréquentation obtenus pour plus de la moitié de ces sites montrent que plus de **5 millions de touristes** visitent, chaque année, dans les Alpes, un site géotouristique. L'offre répond donc bien à une demande de la part d'un public dont les pratiques vont de la simple découverte du milieu souterrain à différentes formes d'apprentissage des géosciences sur le terrain.

Tous les 388 géosites touristiques ont été développés afin de mettre en valeur des territoires. S'ils éclairent pour la plupart des événements ponctuels d'une histoire des Alpes au sein de laquelle ils trouvent tous une cohérence, ils n'ont pas été à l'origine créés dans cette perspective. C'est pourquoi il nous a semblé intéressant de les mettre en réseau afin de constituer des itinéraires géotouristiques à l'image de certaines routes à thème. Ces itinéraires ont été conçus afin de faire découvrir l'histoire géologique de cette chaîne de montagne au travers de l'ensemble des sites géotouristiques où il est possible de trouver une information et des infrastructures destinées au grand public. Plusieurs itinéraires ont ainsi été élaborés, ils présentent l'histoire de la chaîne de façon chronologique et s'appuient sur une centaine de sites sélectionnés pour la qualité de leur mise en tourisme et de la médiation scientifique qui y est associée. Ce réseau a été rendu accessible via un site web dans le but de contribuer à la diffusion des meilleures pratiques observées.
Cette reconstitutions de l'histoire géologique des Alpes a révélé différentes distorsions entre les différentes étapes de cette histoire et leur représentativité dans l'offre géotouristique :

- sur-représentation de certaines périodes géologiques : Trias et Quaternaire,
- sous-représentation d'autres : Crétacé ou Eocène,
- sur-représentation de certaines disciplines géoscientifiques : Géomorphologie et Paléontologie,
- sous-représentation d'autres comme la tectonique ou la stratigraphie.

Ces distorsions sont malgré tout suffisamment limitées pour qu'une reconstitution sans lacunes puisse être réalisée.

Principaux résultats de ce travail de recherche :

Un élément clairement identifié comme indispensable à la **genèse** mais aussi au **développement** et à la **durabilité d'une offre géotouristique est le maintien d'une recherche active**. Recherche qui doit permettre à toutes les étapes du processus de participer à la naissance mais aussi au renouvellement de l'offre :

- L'exploration constante du massif permet la découverte de nouvelles ressources géopatrimoniales ainsi, les gisements d'ours des cavernes découverts en France et en Italie à la fin des années 1980, mais aussi les sites de siréniens fossiles mis à jour lors des campagnes de fouilles des années 1990 dans la Réserve Géologique de Haute Provence ont été à l'origine de la création d'une nouvelle offre géotouristique .
- Les outils d'investigation et d'analyse des scientifiques sont en perpétuelle évolution et de nouvelles recherches conduites sur des sites déjà connus et valorisés permettent d'apporter de nouveaux éléments de valorisation Ainsi, les travaux récents conduits par les chercheurs de l'Université de Zurich sur les sédiments du lac de Lauerz montrent que le glissement de 1806 qui avait causé la mort de 457 personnes avait été par le passé précédé de plusieurs événements catastrophiques enregistrés par les sédiments du lac. Ce travail permet de renouveler la mise en valeur du site et le sentier d'interprétation déjà développé.
- La recherche en didactique des disciplines mais aussi en muséologie ou en médiation scientifique peut aussi permettre d'améliorer le type de médiation proposé par les géosites touristiques. Elle peut alors porter sur la création de nouveaux médias d'interprétation par exemple dans les musées de site ou écomusées qui proposent des outils de médiation de plus en plus sophistiqués mais aussi de mieux en mieux adaptés à des publics différents. Ainsi, les gestionnaires des mines de Berchtesgaden, en Allemagne conduisent actuellement un travail de recherche sur l'adaptation aux programmes scolaires des visites, accompagnées de la création d'ateliers et d'activités pratiques.
- Une recherche spécifique à ce champ disciplinaire doit aussi se structurer. En effet, face à la diversification de l'offre touristique mais aussi à la concurrence que se livrent les territoires entre eux, il est important que le géotourisme puissent continuer à se développer en affirmant ses spécificités. Certains pays l'ont bien compris et en Italie, en Suisse, en Allemagne ou en Autriche de nombreuses thèses portent sur le thème des géopatrimoines, de leur inventaires à leur valorisation mais aussi sur des géosites touristiques afin d'en améliorer la connaissance ou les supports de valorisation. En France, seuls les travaux de Joly (2000), Ambert (2004), Barde (2006) et Tabouelle (2007) ont jusqu'à présent abordé ce thème de recherche. Il est désormais important que les acteurs du territoire puissent trouver une expertise suffisante afin de les soutenir dans leurs projets.

Alors que l'un des objectifs premiers de ce travail était de mieux comprendre l'origine de la fracture entre citoyen et géosciences, l'ensemble des réalisations inventoriées et de la fréquentation qu'elles drainent semble plutôt montrer que cette fracture est en voie de résorption. Les initiatives de mise en valeur des géopatrimoines émanent désormais d'acteurs diversifiés des territoires et le thème des géosciences est progressivement investi par différentes entrées qui permettent désormais d'associer les sciences de la Terre à des approches en relation avec l'histoire, l'architecture, l'art, les sports de pleine nature…. permettant d'intéresser de nouveaux publics à ce champ patrimonial et par ce biais aux géosciences plus généralement. Malgré cette récente évolution qui témoigne de l'efficacité des efforts fournis ces dernières années, en particulier par la communauté scientifique, il est nécessaire de **tisser sans cesse les liens entre géosciences et société civile** afin qu'un jour le terme de géocitoyen devienne aussi largement admis que celui d'écocitoyen qui est apparu voici quelques années. En effet, la durabilité de cette nouvelle offre géotouristique ne pourra se concevoir que si la demande du public perdure. Pour cela, **l'offre doit être adaptée pour répondre à des attentes qui selon l'origine géographique**

et culturelle des visiteurs sont assez variées comme cela a été démontré. Il n'est plus possible de se contenter d'un produit type destiné à des publics regroupés sous le terme passe partout de « grand public ». Chacun doit pouvoir, dans le cadre d'une pratique touristique ou de loisir accéder à une offre qui réponde à ses attentes : ludique, sportive, culturelle, éducative… sans cette perpétuelle adaptation, la pérennité de cette nouvelle niche touristique sera compromise. Les initiatives régulièrement développées depuis quelques années méritent une plus large diffusion, un « porté à connaissance » destiné aux acteurs des territoires, du tourisme ou des géosciences. Il est important aussi que le géotourisme soit intégré à différents cursus de formation afin que cette compétence soit enseignée dans des parcours qui puissent tout aussi bien relever des formations en tourisme que des formation en Sciences de la Terre ou en Géographie. Des modules intégrant les notions d'inventaire et de mises en valeur par la réalisation d'outils de médiation des géopatrimoines devraient permettre d'améliorer la qualité des réalisations de terrain encore trop souvent confiées à des naturalistes pas toujours formés aux géosciences.

Perspectives de recherche

L'ensemble des initiatives et expériences mises en valeur dans ce travail montre que le moment est venu de créer un réseau de compétences scientifique et technique capable de soutenir les initiatives locales. Des réseaux existent déjà : du côté des scientifiques, le groupe de travail géomorphologie de l'Association Internationale des Géomorphologues a déjà beaucoup œuvré quant à la mise en valeur des sites géomorphologiques ; du côté des professionnels du tourisme géologique, l'association « European geoparc » est un réseau reconnu en matière de développement d'outils de mise en valeur des patrimoines géologiques. Il manque toutefois, un réseau d'échanges qui permettrait de partager les expériences scientifiques et de terrain dépassant les frontières des états et celles des champs disciplinaires. Ce travail et le guide des bonnes pratiques qui y est associé via le site web (http://edytem.univ-savoie.fr/membres/cayla/geosite) se veut l'ébauche d'un tel projet.

Le réseau alpin des espaces protégés est un réseau de 900 espaces protégés couvrant environ 25 % de la superficie alpine. Seules deux réserves géologiques y sont recensées. Mais la place du patrimoine géologique y est certainement bien plus importante si l'on considère que le parc national des Hohe Tauern ou bien le parc naturel régional d'Adamello en font, comme bien d'autres, aussi partie. Créé en 1995, ce réseau a pour objectif la mise en application du protocole « Protection de la nature et entretien des paysages ». Cependant, dans son fonctionnement et ses principaux thèmes de travail peu d'enjeux relèvent du patrimoine géologique. Il pourrait être intéressant, à l'avenir, au regard de l'importance de ce patrimoine au sein des Alpes d'y inclure à part entière le thème des géopatrimoines, et dans cet objectifs faire valoir auprès de ce réseau son importance. Pourquoi pas associer le thème de recherche à certains des groupes de travail du réseau tels ceux concernant la « Communication commune et l'éducation environnementale » ou bien « Tourisme durable, patrimoine culturel et mobilité douce ».

Enfin, et dans un très court terme, la mise en place des Via Geoalpina va nécessiter la mobilisation d'un certain nombre de ressources étudiées dans la partie française de cette thèse afin de réaliser les itinéraires qui seront proposés au comité de suivi de ce projet qui associe les six pays de l'arc alpin. Ces itinéraires qui seront diffuser via une plate-forme virtuelle commune, permettront de mettre en pratique certains des outils développés pour le site internet associé à ce travail de recherche.

Bibliographie

Bibliographie

A

Absi P., 2004. Patrimoine et conflits sociaux : l'exemple de la défense de la montagne de Potosi, Bolivie. *Espaces et sociétés*, vol.4, n°119, p. 199-214.

Agard P.,Lemoine M., 2003. *Visages des Alpes : structure et évolution géodynamique*. Commission de la carte géologique, 48 p.

Alciati L., 2007. Le bassin d'extraction de la pierre de Luserne. *Pierre actual*, n° 851, p.70-77.

Alciati L., 2008. Roches ornementales des vallées de l'Ossola "Serizzo" et "Beola". *Pierre actual*, n° 858, p. 60-64.

Alciati L., 2008. Roches ornementales des vallées de l'Ossola : les granits. *Pierre actual*, n° 861, p. 86-92.

Alciati L., 2008. Les marbres de la vallée de l'Ossola. *Pierre actual*, n° 864, p. 103-107.

Allain Y.-M. *et al.*, 2007. *Evaluation du réseau des réserves naturelles.* Rapport Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable Inspection générale de l'Environnement, 48 p.

Ambert M., 2004. *Contribution à la connaissance du patrimoine naturel languedocien : enjeux, concepts et applications.* Géomorphologie et Patrimoine ; Thèse université Lumière, Lyon 2, 325p.

Ancel B., 2005. La mine d'argent du Fournel à L'Argentière-la-Bessée (Hautes-Alpes) méthodologie et bilan 1991-2001, in *4000 ans d'histoire des mines. L'exemple de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur*. Mélanges Jean-Paul Jacob. Ed. Esep.

Angelier C.H., 1940. Le Bassin houiller de La Mure. *Revue de Géographie alpin,* vol 28 n° 3, p. 249-346.

Arnaud F., Serralongue J., Winiardski T., Desmet M. & Paterne M., 2005. Pollution au plomb dans la Savoie antique (II–IIIe s. apr. J.-C.) en relation avec une installation métallurgique de la cité de Vienne. *Geoscience*, vol. 338, p. 244-252.

Arsenault G., 2001. Développement et expérimentation d'un modèle d'interprétation pour éduquer les élèves de cinquième année au milieu dunaire. Mémoire de Maîtrise en Etudes de l'Environnement. Centre Universitaire de Moncton, Québec, 129 p.

Artioli G., Baumgarten B., 2008. Chemical and isotopic tracers in alpine copper deposits : geochemical links between mines and metal. *Geo.Alp* vol. 5, p. 139-148.

Astolfi J.P., 2005. *La didactique des sciences*. Ed. Presses Universitaires de France, coll. Que sais-je ? 6ème éd., 127 p.

Aubert D., 1989. La protection des blocs erratiques dans le canton de Vaud. *Bulletin de la Société Vaudoise de Sciences Naturelles*, vol.79, n° 3, p.185-207

Audra P., Quinif Y. & Rochette P., 2002. The genesis of the Tennengebirge karst and caves (Salzburg, Austria). *Journal of Cave and Karst Studies*, vol. 64, n° 3, p. 153-164.

Auf der Maur F., André R., 1987. *Trésors du sol Suisse* (tome 1). Lausanne, éd. 24h, 128 p.

Avanzini M., 2002. *Il trentino dei dinosauri : i lavini di Marco an Val Lagarina.* Provincia Autonoma di Trento Servizio geologico, Museo tridentino di scienez naturali, Il quaderni del Geositi, Rovereto e Vallagarina, 35 p.

B

Badoux H., 1982. *Mines de sel de Bex Aperçu géologique et minier*, éd. AMINSEL, 27 p.

Balestro G., Cadoppi P., Di Martino L. & Sacchi R., 1995. Il settore meridionale del Massiccio Dora-Maira (Valli Maira e Varaita): inquadramento, carta geologica e guida a un'escursione. In: *Atti Conv. "Rapporti Alpi-Appennino"* Ed. R.Polino & R.Sacchi, Accad. Naz. Sci., "Scritti e Documenti", p. 501-529.

Barde (Venzal) C., 2006. *Le géotourisme dans le Verdon : la mise en réseau des géosites (géologiques et préhistoriques) comme enjeu du tourisme durable.* Thèse de Géographie, Université d'Avignon et des Pays du Vaucluse, 359 p.

Barféty J.C., Debelmas J., Gidon M., Montjuvent G. & Pécher A., 1989. Carte géologique de la France à 1/50 000 Feuille de La Mure.

Barféty J.C., Lemoine M., De Graciansky P.C., Tricart P. & Mercier D., 1995. Carte géologique de la France à 1/50 000 Feuille de Briançon, 180 p.

Barraqué B., 1991. Les sources du Lizon, où les limites historiques du droit de l'environnement en France. *Revue juridique de l'environnement* n°4.

Barth H.K., Schwarze H., 2008. Interactive GPS-guided environmental tours : New way to assist sustainable human development with a special view to ecotourism. Éd. Escher H., Härtling J.W., Kluttig T., Meuser H., and Mueller K., 3rd International UNESCO Conference on Geoparks, Osnabrück, p. 20.

Baucon A., 2008. TERRAGAZE MOBILE : a multimedia guide of your Geopark inside your mobile phone. Éd. Escher H., Härtling J.W., Kluttig T., Meuser H., and Mueller K., 3rd International UNESCO Conference on Geoparks Osnabrück, p. 21-22.

Baudelle G., 1994. *Le système spatial de la mine. L'exemple du bassin houiller du Nord-Pas-de-Calais.* Thèse d'urbanisme, Université Paris I-Sorbonne. 1228 p.

Bazzanella L., 2004. L'ecomuseo delle cave a Rorà. Un racconto per ripensare un'esperienza. In: *Ecomusei e paesaggi*, Edizioni lybra Immagine, p. 158-167.

Beck B, Seneels V., 1998. Les scories du Mont Chemin et l'utilisation de la magnétite pour fabriquer du fer par la méthode directe de réduction, *Mineria Helvetica*, vol. 18b, p. 45-65.

Beläen F., 2003. Les expositions d'immersion. *La lettre de l'OCIM*, n° 86, p. 27-31.

Belo M., 2006. Ice core moraine collapse at Forni glacier (UItalian Alps) : a case of tourist risk. 10ème rencontre glaciologique alpine, Munich.

Benedetti S., Reynard E. 2003. Géologie, géomorphologie et tourisme didactique dans le site de Salanfe (Evionnaz, Valais). In: *Géomorphologie et tourisme*, Actes de la Réunion annuelle de la Société Suisse de Géomorphologie, Finhaut, Travaux de recherches n° 24, Lausanne, Institut de Géographie, p. 185-195.

Bergéal C., 2008. Géologie, paysages et sites classés. *Géosciences*, n° 7/8, p. 10-17.

Berger J.-P., Reynard E., Bissig G., Constandache M., Dumas J., Felber M., Häuselmann P., Jeannin P.-Y., Schneider H., 2008. *Révision de la liste des géotopes d'importance nationale : rapport du groupe de travail 2006 – 2007*. Groupe de travail géotopes, 22 p.

Berger S., 2007. *Mise en oeuvre opérationnelle d'une démarche d'écotourisme en Rhône-Alpes.* Master 2 Professionnel Economie et Gouvernance de l'Environnement et du Territoire Spécialité « Tourisme et Environnement ». Université de Versailles Saint-Quentin en Yvelines, 130 p.

Berrebi Y., 2006. *Les sentiers didactiques - Analyse de la perception du public face à quatre réalisations géodidactiques.* Mémoire de licence de géographie. Faculté des Lettres - Institut de Géographie, Lausanne, 107 p.

Bessard M., Robine N., 2008. Les centres d'interprétation dans leur relation à la recherche et à la diffusion. *La lettre de l'OCIM* , n° 119, p.12-17.

Billet P., 1997. La protection juridique du patrimoine géologique en France : bilan (provisoire) d'un siècle de protection. *La lettre des réserves naturelles* n° 44/45, p. 43-53.

Billet P., 2002. *La protection du patrimoine géologique.* Coll. Droit et police de la nature, Ed. Atelier Technique National, 148 p.

Biot V., 2006. *Le tourisme souterrain en France.* Karstologia, Mémoire n°15, 236 p.

Bornuat M., 2009. Substances métalliques, combustibles (hors pétrole) et minéraux industriels dans les Alpes du Nord et le Jura. *Géologues* n° 161, p. 94-101.

Boschung U., 2000. Haller botaniste et poète à la découverte des Alpes. In : *Science et Montagne : Histoire d'une cordée originale*, Georg Editor, Genève, p. 96-119.

Bosellini A., Gianolla P. & Stefani M., 2003. Geology of the Dolomites. *Episodes*, Vol. 26, n° 3, p. 181-185.

Boué A., 1835. *Guide du géologue-voyageur.* Ed. Levrault F.G., Tome 1, 594 p.

Boué A., 1836. *Guide du géologue-voyageur*. Ed. Levrault F.G., Tome 2, 594 p.

Boylan P., 2008. Geological site designation under the 1972 UNESCO World Heritage Convention. In : *The History of Geoconservation*, Bureck C. V. Prosser C.D. éd, p. 279-304.

Brack P;, Rieber H., Nicora A. & Mundil R., 2005. The Global boundary Stratotype Section and Point (GSSP) of the Ladinian Stage (Middle Triassic) at Bagolino (Southern Alps, Northern Italy) and its implications for the Triassic time scale. *Episodes*, vol. 28, n° 4, p. 233-244.

Bringer J.-P. & Toche J., 1996. *Pratique de la signalétique d'interprétation*, A.T.E.N éd., 104 p.

Brugot D., D.T., 2008. Géologie alpine : le parc national des Ecrins. *Géosciences*, n° 7/8, p.104-109.

Bruschi V.M., C.A., 2005. Geosite evaluation : can we measure intangible value ? *Il quaternario*, vol. 18, n° 1 Volume speciale, p. 293-306.

Bryden J., 2006. De Leader 1 à Leader + et au-delà, vers l'axe Leader. *Leader + Magazine* n° 6, p. 8-12.

Bugini R., Folli L., 2008. The use of ornamental stones from Arzo (Ticino). In : *The italian*

architecture. 6th Swiss Geoscience Meeting, Lugano, p. 231-232..

Bureck C. V., Prosser C.D., 2008. The history of geoconservation : an introduction. In : *The history of geoconservation*, Ed. Geological society London, p. 1-5.

Burlando M., 2006. Geoparchi & Geoconservazione. *Parchi*, n° 47, p. 68-81.

Burnier C., Gay J.P., 2008. *Les graniteurs - Les maîtres de la pierre au pays du Mont-Blanc.* Ed. Fontaine de Siloé, 252 p.

Busolini P., 2007. Reconverted mining sites/museums at European level. Networking Results. III International Conference on the Iron Route Huttenberg.

Busson G., 1982. Le Trias comme période salifère. *Geologische Rundschau*, n° 71, p. 857-880.

C

Carozzi A., 1983. La géologie en Suisse des débuts jusqu'à 1882 - digression sur l'histoire de la géologie suisse depuis Konrad Gessner (1565) jusqu'à Heinrich Wettstein (1880). *Eclogae geologica Helvetica*, vol. 76, n° 1, p. 16-32.

Carrozzi A., 2001. Les étapes d'une réflexion géologique. In *H.-B. De Saussure (1740-1799) Un regard sur la Terre*, Georg Editeur, p. 83-108.

Cayla N., 2005. Les ressources minérales patrimoniales du Parc Naturel Régional de Chartreuse Inventaire et potentialités de valorisation des activités extractives (mines et carrières) passées et présentes. Rapport de recherche - PNR Chartreuse, 35p.

Cayla N., 2009. Glaciers actuels et géomorphologie paraglaciaire, quelques exemples de valorisation touristique au sein de l'arc alpin. *Bulletin de l'Association de Géographes français*,, n° 1, p. 96-109.

Cayla N., 2009. Les sentiers d'interprétation glaciaire. Des outils de valorisation différenciée des glaciers et de leur territoire. Dans Neige et glace de montagne Reconstitution, dynamique, pratiques, coll. EDYTEM n°8 - Année 2009, p.221-232.

Cayla N., 2009. Guide des bonnes pratiques de médiation des géosciences sur le terrain, *Géologie de la France*, à paraître.

Ceruti G., 2006. From the protection of landscape and "natural beauties" to the defense of ecosystems in Italy. In : Nature Conservation Concepts and practices. éd. Gafta D., Akeroyd J., p. 55-64

Chapron E., 2008. *L'Europe à Nîmes : les carnets de Jean-François Séguier (1732-1783)*, A. Barthélémy éd., 205 p.

Chaumier S., 2003. *Des musées en quête d'identité Ecomusées versus technomusée.* éd. L'Harmattan Coll. Nouvelles études anthropologiques, 272 p.

Chaumier S., Jacobi D., 2008. Nouveaux regards sur l'interprétation et les centres d'interprétation. *La lettre de l'OCIM*, n° 119, p. 4-11.

Chomier G., Moreno J.C., 2006. Evaluation des centres de cultures scientifiques, techniques et industrielles. Rapport de l'inspection générale de l'administration de l'éducation nationale et de la recherche, 78 p.

Cigna A., 2002. Vulnerability of the cave environment. Actes du 4th International ISCA CONGRES, Internatiuonal showcaves association, Postojna, p. 185-191.

Cigna A., Burri E., 2000. Development, management and economy of show caves. *International journal of Speleology*, vol. 29(B), p. 1-27.

Cigna A., Cucchi F., Forti P., 2000. Engineering problems in developing and managing show caves. *Journal of Nepal Geological Society*, vol. 22, p. 85-94.

Clivaz M., 2004. *Patrimoine virtuel et prospective ouverte.* Thèse de l'Institut d'architecture. Université de Genève, 537 p.

Cluchague J., 2008. *La FEMS, les écomusées et les coopérations transnationales, état des lieux et préconisations.* Mémoire de fin d'étude en Ingénierie de développement territorial. Université de Besançon, 43 p.

Coratza P., Giusti C., 2005. Methodological proposal for the assesment of the scientific quality of geomorphosites. *Il quaternario*, vol. 18, n° 1, Volume Special, p. 307-317.

Courlet C., Pecqueur B., 2001. Développement économique et territoire : quels rapport ?. In *Apport de l'approche territoriale à l'économie du développement.* Ed. L'Harmattan, coll. La librairie des humanités.

Cowburn I., 1998. Le patrimoine industriel, développement local et réseaux européens. In: *Publics et projets culturels.* Ed. L'Harmattan, Paris, p. 218-228.

Cowburn I., 1999. Success factors in Mining Heritage Interpretation : protection, conservation, research and valorisation. *Mine Heritage and Tourism a Hidden Resource*, Nenagh, Co. Tipperary, Ireland, pp. 8-10.

Crônier C., Van Viersen A., 2008. The 'Mur des douaniers', an exceptionally well-preserved Early Eifelian fossil site. *Bulletin de la Société Géologique de France*, vol. 179, n° 1, p. 89-95.

Cutler A., 2006. *La montagne et le coquillage. Comment Nicolas Sténon a remis en cause la Bible et créé les sciences de la Terre.* Ed. Latés J.C., 273 p.

D

Dal Piaz G., 2001. History of tectonic interpretations of the Alps. *Journal of geodynamics*, vol. 32, p. 99-114.

Dalla Vecchia Fabio, 2008. The impact of dinosaur palaeoichnology in palaeoenvironmental and palaeogeographic reconstructions : the case of
Periadriatic carbonate platforms. *Orycto, n°* 8, p. 89-106.

D'Andrea M., Angelelli F., 2001. Progetto "Conservazione del patrimonio geologico italiano" : inventario dei geositi in Italia. *PaleoItalia* n° 5, p. 9-15.

Daumas J.C., 2006. L'usine, la mémoire et l'histoire. in La mémoire de l'industrie *De l'usine au patrimoine.* Ed. Presses Universitaires de Franche-Comté, p. 9-20.

De Charpentier J., 1841. Essai sur les glaciers et sur le terrain erratique du bassin du Rhône. Ed. M.Ducloux, Lausanne, 363 p.

De Lumley H., 2006. Il y a 400 000 ans : la domestication du feu, un formidable moteur d'hominisation,. *C.R. Acad. Sci. Paris, Palevol*, vol. 5, n° 1-2, p. 149-154.

De Lumley H., 2007. *La Grande Histoire des premiers hommes européens.* Ed. Odile Jacob, 268 p.

De Wever P, Baumgartner P.O., 1995. Radiolarians from the base of the supra-ophiolitic Schistes Lustre´s formation in the Alps Saint-Véran, France and Traversiera Massif, Italy. *Mémoire de la société géologique de Lausanne., n°* 23, p. 725-730

De Wever P., Le Nechet Y., Cornée A.,, 2006. *Vade-Mecum pour l'inventaire du patrimoine géologique national.* Mémoire Hors-série de la Société Géologique de France, n° 12, 162 p.

Debelmas J., 1999. La géologie des Alpes. In: *Les Alpe,* Ed. Delachaux et Niestlé, p. 8-65.

Debelmas. J, Mascle.G., Basile C., 2008 *Les grandes structures géologiques* (5ème édition). Ed. Dunod, coll. Sciences sup, 322 p.

Decrouez D., 2003. *Géotopes, un voyage dans le temps 20 promenades en Suisse dans le secret des roches* .Ed. M.P.A 208 p.

Decrouez D., 2004. Une mise en valeur originale pour un site paléontologique : la dalle à traces de "dinosaures" du Vieux Emosson (Alpes suisses). *Géologues, vol.* 140, p. 141-144.

Delannoy J.J, 1997. *Recherches géomorphologiques sur les massifs karstiques du Vercors et de la Transversale de Ronda (Andalousie). Les apports morphogéniques du karst.* Thèse de Géographie. Université de Grenoble, 672 p.

Delannoy J.J., 2007. Grottes de Choranche et massif des Coulmes. Enjeux de protection , Rapport DIREN Rhône-Alpes, 201 p.

Delannoy J.J., Gauchon C., 2008. Lascaux et la conservation de l'art préhistorique en milieu souterrain. *Karstologia, vol.* 52, p. 51-56.

Delecat S., Reitner J., 2005. Sponge communities from the Lower Liassic of Adnet (Northern Calcareous Alps, Austria). *Facies*, vol. 51, p. 385-404.

Dellantonio E., Roghi G., 2007. *Sentiero geologico del Dos Capèl* Der geologische des Dos Capèl. APT Val di Fiemme, 40 p.

Demathieu G. & Weidmann M., 1982. Les empreintes de pas de reptiles dans le Trias du Vieux Emosson (Finhaut, Valais, Suisse). *Eclogae geologica Helvetica, vol.* 75, n° 3, p. 721-757.

Deshaies M., 2007. *Les territoires miniers Exploitation et reconquête*. Ed Ellipse Coll. Carrefours, 223 p.

Deshaies M., 2008. Les bassins houillers d'Europe : des paysages entre héritages et renouveau. *Geoconfluence*, n° 14.

Di Leginio M., M.T., 2005. La legislazione italiana. In : *Patrimonio geologico e geodiversità,* Rapport APAT n° 51, p 200-206.

Di Leginio M., M.T., 2005. Le Leggi regionali. In : *Patrimonio geologico e geodiversità,* Rapport APAT n° 51, p. 207-215.

Dingall P., Weighell T., Bodmann T., 2005. Geological world heritage : a global framework. Rapport IUCN, 52 p.

DIREN Rhône-Alpes, 2005. Les sites classés en Rhône-Alpes. 12 p.

Dolenec M., 2005. The Permian Triassic Boundary in the Karavanke Mountains (Brsnina section, Slovenia) : The ratio Th/U as a possible Indicator of Changing Redox conditions at the P/T Transition. *Materials and Geoenvironnement*, vol. 52, n° 2, p. 437-445.

Duclos J.-C., 2001. De l''écomusée au musée de société. *Rivista bianual del Museu etnologic del Montseny* (Proposition d'article pour la revue AIXA).

Duhem V., 2008. *Inventaire et proposition de mesures de valorisation des géomorpphosites du PNR Gruyère-Pays d'En-Haut.* Mémoire de maîtrise ès sciences en géographie, Institut de géographie, Université de Lausanne, 272 p.

Durand Delga M., 2007. La tectonique. *Géochronique* N° Spécial de la géologie aux géosciences n° 101, p. 33-36.
Durand R., 2005. Saint-Georges-d'Hurtières Le fer et le cuivre. In: Anciennes Mines et Carrières souterraines de Savoie Hier et aujourd'hui, Ed. Cleopas, p. 111-128.
Durand-Delga M., Seidl J., 2007. Edouard Suess (1831-1914) et sa fresque mondiale La face de la Terre, deuxième tentative de tectonique globale. *C.R. Acad. Sci. Paris, Geoscience* n° 339, p. 85-99.
Duval M., 2007. *Dynamiques spatiales et enjeux territoriaux des processus de patrimonialisation et de développement touristique.* Thèse de Géographie. Université de Savoie, 512 p.

E

Eder R., 2007. Geologie am weg - Anregungen zur Gestaltung von geotrails. *Abhanlungen der geologischen Bundesanstalt* Helft 51, p. 29-34.
Emmanuel P., 1980. *Culture, noblesse du monde, histoire d'une politique.* Ed. Stock, 177 p.
Engel C.E., Vallot C., 2005. *"Ces monts affreu..." (1650-1810) Anthologie de littérature alpestre.* Ed Pyrée monde, 234 p.
Equipe MIT, 2005. *Tourisme 2, moments de lieux.* Ed. Belin, 349 p.

F

Felber M., Furrer H. & Tintori A., 2003. The triassic of Monte San Giorgio in the World Heritage List of UNESCO : An opportunity for science, the people and tourism *Eclogae geologica Helvetica, n°* 97, p. 1-2.
Fernandes-Cortés A., 2006. Geostatistical spatiotemporal analysis of air temperature as an aid to delineating thermal stability zones in a potential show cave: Implications for environmental management. *Journal of Environment management*, vol. 81, p. 371-383.
Ferrini V., Masi U. & Monticelli F., 1991. Geochemistry of pyrite from the talc deposit of Val Germanasca (Western Alps, Italy) and genetic implications. *Miner. Petrogr. Acta*, vol. XXXIV, p. 153-158.
Filipello A., 2004. I lapidei ornamentali della provincia del Verbano-Cusio-Ossola : Realizzazione di una banca dati geotematica. Facoltà di Scienza M.F.N., Torino, 225 p.
Fiora L., Carando M. & Sandrone R., 2007. Multimedia petrographic guide of the city of Torino, Italy. *Periodico di Mineralogia*, vol. 76, n° 2-3, p. 91-97.
Fournier M;, Agard P., Petit C., 2008 Micro-tectonic constraints on the evolution of the Barles half-window (Digne Nappe, Southern Alps), implications for the timing in the Valensole foreland basin. *Bulletin de la Société Géologique de France*, t. 179, n°-, p. 551-558.
Floquet M., Cecca F., Mestre M., Macchioni F., Guiomar M., Baudin F., Durlet C. & Almeras Y., 2003. Mortalité en masse ou fossilisation exceptionnelle ? Le cas des gisements d'âge toarcien inférieur et moyen de la région de Digne-les-Bains (Sud-Est de la France). *Bulletin de la Société Géologique de France*, vol. 174, n° 2, p. 159-176.
Fortey R., 2004. *The earth, an intimate history*. Harpers collins publishers, 501 p.
François H., Hirczak M., Senil N., 2006. Territoire et patrimoine : la co-construction d'une dynamique et de ses ressources. *Revue d'économie régionale et urbaine* n° 5, p. 683-700.
Franks S., Trümpy R., 2005. The Sixth International Geological Congress : Zürich, 1894. *Episodes*, vol. 28, n° 3, p. 187-192.
Frater H., 2006. Geowissenschaftliche Öffentlichkeitsarbeit im Internet am Beispiel von g-o.de/ geoscience on line. *10. Internationale Jahrestagung der Fachsection GeoTop der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften*, Ulm, p. 75-80.
Frey M.L., Schäfer K., Büchel G. & Patzak M., 2006. Geoparks - a regional, European and global policy. In: Elsevier (ed.) Geotourism, pp. 95-117.
Fritz I., 2007. Schüler erleben Geologie - Erdwissenschaften zum Angreifen und Begreifen. *11. Internationale Jahrestagung der Fachsektion Geotop der Deutschen Gesellschaft für Geowissenchaften*, Wien, p. 47-50.

G

Gafta D., Akeroyd J., Ceruti G., 2006. From the protection of Landscape and "Natural Beauties" to the defense of Ecosystems in Italy. *Environmental science and engineering*, vol. 2, p 55-64.
Gagnepain J., 2005. La mise en place d'une démarche de Qualité Iso 9001 au musée de Préhistoire des Gorges du Verdon. *La lettre de l'OCIM* (Office de Coopération et d'Information Muséographiques), n° 101, p. 39-42.
Gall J.C., 1995. *Paléoécologie Paysages et environnements disparus.* Ed.Masson Coll. Enseignement des Sciences de la Terre, 239 p.
Garavaglia V., Pelfini M, 2008. Thematic mountain trails and dendrochronological fieldwork for a didactic approach related to glacier story, glacier geomorphosites and trees responses

to climate changes. *Geophysical Research* Abstracts 10.

Gasquet D., Bertrand J.M., Paquette J.L., Lehmann J., Ratzov G., De Ascenção Guedes R., Tiepolo M., Boullier A.M., Scaillet S. & Nomade S., 2009. Miocene to Messinian deformation and hydrothermal activity in a pre-alpine basement massif of the French Western Alps: New U-Th-Pb and Argon ages from the Lauzière massif. *Bulletin de la Société Géologique de France* à paraître.

Gauchon C., 1997. Des cavernes et des Hommes - Géographie souterraine des montagnes françaises. *Karstologia.* Mémoire n° 7, 248 p.

Gauchon C., 2002. Les sites naturels classés entre 1906 et 1930 dans les Alpes du Nord : entre tourisme et protection, bilan et actualité. *Revue de Géographie alpine* n° 2, p. 15-31.

Gauchon C., 2008. Le parc national du Triglav (Slovénie). In: *Les parcs nationaux dans le monde : protection, gestion et développement durable*, Ed. Ellipses, p. 99-119.

Gaudant J., 2005. Jean-François Séguier (1703–1784), premier historiographe de la paléontologie. *C.R. Acad. Sci. Paris, Palevol*, vol. 4, n° 3, p. 295-310.

GerberJ.-D, 2004. *Changement du régime institutionel du paysage. Le cas Aletsch Riederalp Bettmeralp.* Document de travail de l'IDHEAP n° 10, 156 p.

Giran J.-P., 2003. *Les parcs nationaux : une référence pour la France, une chance pour ses territoires. In: française*, Ed. La documentation française, Collection des rapports officiels, 102 p.

Glaser S., Lagally U., 2004. Les géotopes en Bavière, une vue d'ensemble. *Géologues* n° 140, p. 33- 35.

Glévarec H., Saez G., 2002. *Le patrimoine saisi par les associations*. La documentation française, 416 p.

Gohau G., 2000. Les scientifiques et "l'usage des montagnes" au XVIIIe siècle. In: *Science et Montagne : Histoire d'une cordée originale*, Georg Editor, Genève, p. 80-95.

Gotti C., 2007. *A la découverte des glaciers de Champagny en Vanoise*. Ed. PN Vanoise 19 p.

Grachev A.F., 2009. The K/T Boundary of Gams (Eastern Alps, Austria) and the Nature of Terminal Cretaceous Mass Extinction,. publ. GC RAS, 199 p.

Grandgirard V., 1996. Gestion du patrimoine naturel, l'inventaire des géotopes géomorphologiques du canton de Fribourg. Colloque commun de la Société Suisse de Géomorphologie et de l'Association Française de Karstologie, Sornetan (Be, Suisse), p. 181-195.

Grandgirard V., 1999. Inventaire des géotopes d'importance nationale. *Geologia Insubrica*, vol. 4, n° 1, p. 25-53.

Gray M., 2004. Geodiversity Valuing and conserving abiotic nature. Ed. Wiley, 434 p.

Grobet A.-H., 1993. Le lac souterrain du Saint-Léonard. 12 p.

Grube A., 1991. Earth science conservation in Germany : an outline. In: Premier Symposium International sur la protection du patrimoine géologique, Ed. Société géologique de France, Digne-les-Bains. p. 27-32.

Grube A., Widenbien F.-W., 1992. Geotopschutz- eine wichtige Aufgabe der Geowissenschaften. *Die Geowissenschaten* vol. 8, p. 215-219.

Guyot A., 2006. Le récit de voyage en montagne au tournant des lumières. Hétérogénéité des sources. *Sociétés et représentations*, vol. 21, n° 1, p. 117-133.

H

Hamelin E., 2003. *Développement et diffusion de la culture scientifique et technique Un enjeu national.* Rapport établi à la demande du Premier Ministre auprès du Ministre de l'Education Nationale, du Ministre de la Culture et de la Communication de la Ministre déléguée à la Recherche et aux nouvelles technologies, 83 p.

Hasenauer H., Putzhuber F., Mirtl M. & Wenzel W., 2007. Multifonctional land use : the Eisenwurzen region of Austrian Alps. In : Multifonctionnal land use. Ed. Springer Berlin Heidelberg, p. 341-154.

Heaton T., 1986. Caves. A Tremendous Range in Energy Environments on Earth. Ed. National Speleological Society News (August), p. 301-304.

Hlad B., 2009. Geoconservation in Slovenia. In Geoconservation in Europe. Progeo.

Hoblea F., 1999. *Contribution à la connaissance et à la gestion environnementale des géosystèmes karstiques montagnards : études savoyardes.* Thèse de Géographie. Lyon 2, 995 p.

Hoblea F., Delannoy J.J., Gauchon C., Hacquard S., Jaillet S. & Ployon E., 2008. Entre karstologie fondamentale et appliquée : l'étude du classement du site de Choranche/Les Coulmes. Collection EDYTEM - Cahiers de Géographie 7:, p. 103-112.

Hofmann T., 2006. Geotope, geoparks und geotourismus in Österreich. *10. Internationale Jahrestagung der Fachsection GeoTop der Deutschen Gesellschaft für Geowisssenschaften*, Ulm, p. 43-47.

Hose T.A, 1996. Geotourism, or can tourists become casual rock hounds. In: *Geology on your doorstep : the role of urban geology in Earth* Heritage Conservation. Bennet M.R. et als, p. 207-228.
Hose T.A, 2005. Geotourism : appreciated the deep time of landscapes. In : *Niche tourism : contemporary issues, trends and cases*. Ed. Butterworth- Heinemann, p. 27-38.
Hose T.A, 2006. Geotourism and interpretation. In : *Geotourism.* Ed. Elsevier, p 221-241.
Hose T.A, 2008. Towards a history of geotourism : definitions, antecedents and the future. In: *The history of geoconservation.* Ed. Burek C.V., Prosser .C.D., p. 37-60.
Hose T.A., 2000. European geotourism - An overview of the promotion of geoconservation through interpretative provision.
Hutter C., 2008. Grossglockner Ed. Grossglockner Hochalpenstrasse AG, 72 p.

J

Jacobi D., 1999. *La communication scientifique: discours, figures, modèles.* Presses Universitaires de Grenoble, Coll. Médias et Sociétés, 260 p.
Jahn W., 1997. Bavaria and its salt-works in the 19th and 20th centuries Science tribune, resource électronique.
Jean G., 1997. Les plus beaux poèmes sur la montagne. Ed. Le cherche midi éditeur, 187 p.
Jean-Petit-Matile M., 1987. *Les Alpes vues par les peintres. Ed.* Edita Sa, 150 p.
Jegou C., 2003. *Mobilisation de ressources scientifiques locales et construction d'une activité pratique : problèmes et perspectives didactiques.* Enseignement et Vulgarisation des Sciences de la Terre de l'Ecole à l'Université, Nice. 6 p.
Jeudy H.-P., 1990. *Patrimoines en folie*. Ed. de la Maison des sciences de l'homme, Ethnologie de la France. Cahier 5, 297 p.
Joly F., 2000. *Le patrimoine géomorphologique : concepts, évaluation, médiatisation. Application au cas du littoral du Nord Pas de Calais*, Thèse de Géographie, Université de Lille. 318 p .
Jones C., 2008. History of Geoparks, In: The history of geoconservation. Ed. Bureck C. V., Proser C.D., p. 273-277.
Jonin et al, 2007. Patrimoine géologique, Réserves Naturelles de France (Commission Patrimoines géologiques), 16 p.
Jonin M., 2008. Géodiversité en Bretagne, un patrimoine remarquable. *Géosciences* n° 7/8, p. 56-63.
Jonin M., De Wever P., 2008. Le patrimoine géologique, mémoire de la Terre. *Géosciences, n°* 7/8, p. 18, 25.
Jonin M., Graviou P., 2002. Actes des 3èmes journées nationales du patrimoine géologique. 3èmes journées nationales du Patrimoine géologique, Brest.
Joyce E.B., 2006. Geomorphological Sites and the New Geotourism in Australia.

K

Kodina A.L., Bogatcheva M.P., Lobitzer H., 1988. An Organic Geochemical Study of Austrian Bituminous Rocks, *Jb. Geol. B.-A.*, 291-300.
Kestler F., 2005. *Der Tölzer Lobus des würmeiszeitlichen Isar-Loisach-Gletschers als Gegenstand einer geodidaktischen Exkursion.* Fakultät für Geowissenschaften der Ludwig-Maximilians, 260 p.
Klemun M., 2007. Writing "inscription" and fact : eighteenth century mineralogical books based on travels in the Habsburg regions, the carpatians moutains. In: *Four centuries of geological travel : the search for knowledge on Foot, Bicycle, Sledge and Camel*., Ed. Wyse Jacson P.N., Geological sociéty, n° 287, p. 49-61.
Kranjc A., 2002. Short history of cave tourism in Slovenia, 4ème Congrès International de l'ISCA - Use of modern technologies in the development of caves for tourism, Postojna, p 55-60.

L

Labhart T., Decrouez D., 1997. *Géologie de la Suisse*, Ed. Delachaux et Niestlé, 211 p.
Lagally U., Glaser S., Eichhorn R., 2000. Der digitale Geotopkataster Bayern des Bayerischen Geologischen Landesamtes - Fachliche Grundlage zur Erhaltung bedeutender Dokumente der Erdgeschichte. *Geologica Bavarica*, n° 105, p. 265-283.
Lallemand S., Huchon P., Jolivet L. & Prouteau G., 2005. Convergence lithosphérique, Ed. Vuibert, coll. Enseigner les Sciences de la Terre, 182 p.
Leginio M., Mezzetti T., 2005. Le leggi regionali. Rapport APAT - Patrimonio geologico et geodiversità, p 207- 215.
Lemoine M. Graciansky de P.C. Tricart P., 2000. *De l'Océan à la chaîne de montagne*, Société géologique de France, Gordon and Breach Science publishers, 207 p.
Lestournelle R., 2007. Géologie des terrains houillers du Briançonnais. Ed. du Fournel, 75 p.

Lethiers F., 1998. *Evolution de la biosphère et événements géologiques*, Gordon and Breach Science publishers, 315 p.

Lewenstein B. Allison-Brunelli S., 1998. Au service simultané du public et des scientifiques. In : *La révolution de la Muséologie des Sciences*,. Ed. Presses universitaires de Lyon, p. 159-173.

Lienert S., Hankte R., Gasser J., 2003. Geologie und geotope im Kanton Schwyz. Ed. Schwyzerische Naturforschende Gesellschaft, 130 p.

Lobitzer H., Mandl W. G., 1999. A brief history of geological research of the Dachstein-Hallstatt-Salzkammergut Region, In: *Dachstein-Hallstatt-Salzkammergut Region*, Ed. Forum of the European Geological Surveys Directors, p. 68-77.

Loth G., Lagally U., Glaser S., 2007. "Bayerns Schönste Geotope" - Eine Halbzeitbilanz. 11. Internationale Jahrestagung der Fachsektion Geotop der Deutschen Gesellshaft für Geowissenschaften, Vienne, p. 115-118.

Lugon R., Reynard E., Fuchs C., 2003. Géotopes Valaisans : typologie, état des lieux et recommandations pour un projet d'inventaire, 67 p.

Lugon R., Reynard E., 2003. Pour un inventaire des géotopes du canton du Valais. *Bulletin de la Murithienne, n°* 121, p. 83-97.

Lynas M., 2008. *6 Degrés : Que va t-il se passer ?* Ed. Dunod, Quai des Sciences, 285 p.

M

Maggi M., 2001. Ecomusei, musei del territorio, musei di identità. *Nueva Museologia*, n° 4, p. 9-12.

Maggi M., Falletti V., 2000. Ecomuseums in Europe What they are and what they can be, working paper n° 137, Ed. IRES piemonte, 102 p.

Malaki A., 2006. Géosites : intérêt scientifique, patrimoine culturel et visées socio-économiques, au niveau d'Ifrane, Azrou, Aïn leuh et El Ajeb (causse moyen atlasique), Thèse de Géologie appliquée, Université Mohamed V-Agdal de Rabat, 280 p.

Markic M., Sachsenhofer R.F., 1997. Petrographic composition and depositional environments of the Pliocene Velenje lignite searn *Slovenia. J.Coal Geology*, n° 33, p. 229-254.

Marthaler M., 2001. *Le Cervin est-il africain ? Une histoire géologique entre les Alpes et notre planète.* 3ème Ed., Ed. LEP Loisirs et pédagogie SA, 96 p.

Marthaler M., 2003. Lecture et analyse d'un paysage : Zermatt et le Cervin. Un exemple de la mémoire de la terre révélée par les panoramas. In : *Paysages géomorphologiques*, Séminaire de troisième cycle de géographie CUSO, Lausanne, Travaux et recherche n° 27, p. 51-66.

Martini G., Zouros N., 2008. Geoparks... a vision for the future. *Géosciences, n°* 7/8, p. 182-189.

Mattig U., 2002. Geotourismus als geowissenschaftliche Öffentlichkeitsarbeit. *Akademie der Geowissenschaften zu Hannover e.V.*, vol. 21, p. 47-50.

Matura A., Summesberger H., 1980. Geology of the Eastern Alps, 26e International geological congress, p. 103-170.

Maubert F., 1984. Protection et aménagement des sites d'intérêt géologique. *Bulletin de l'Association Internationale de Géologie de l'Ingénieur*, vol. 29.

Mc Keever P., Zouros N., 2005. Geoparks : Celebrating Earth heritage, sustaining local communities. *Episodes*, vol. 28, n° 4, p. 274-278.

Médioni R., 2003. Les expositions universelles et la création du Service de la carte géologique de la France. *Géochronique* N° Spécial essor de la géologie française, n° 88, p. 23-24.

MercierD, 2007. Le paraglaciaire, évolution d'un concept.. In: *Du continent au bassin versant Hommage au professeur Alain Godard*, Ed. Presses universitaires Blaise Pascal Clermont-Ferrand, p. 341-353.

Morrucci B., 2003. La demande touristique : une approche de son évolution et de ses perspectives. In: Le tourisme au XXIe siècle, Ed. L'Harmattan, p. 133-155.

Mose I., 2000. Hohe Tauern National park : a model for protected areas in the Alps, in Protected Areas and Regional Development in Europe, p. 99-113.

N

Naef H., 2000. Das Geotop-Inventar im Kanton Thurgau, Frauenfeld, 30 p.

Nahraht S., 2004. La régulation des usages du paysage en Suisse : des politiques publiques aux droits de propriété. In: occidentale, C.u.d.S. (ed.) Paysages géomorphologiques.

Newsome D., Dowling R., 2006. The scope and nature of geotourism. In *Geotourism*, p. 3-25.

Nicod J., 1998. Les grottes : rétrospective historique et insertion des grottes aménagées dans l'espace géographique. Annales de géographie 603, pp. 508-530.

Nora P., 1997. *Science et conscience du patrimoine*. Fayard - Editions du patrimoine, 407 p.

Nutz M., 2003. Blockgletscherweg Dösener Tal National park Hohe Tauern Grazer Mitteilungen der Geographie und Raumforschung Helft 32, p. 1-5.

O

Office Fédéral pour l'Environnement, 2004. Les zones protégées d'importance nationale et leur utilisation. Statistiques suisses pour l'environnement.

Origet du Cluzeau C., 2005. Tourisme scientifique et tourisme culturel. Destins communs et divergences. *Lettre de l'OCIM*, n° 101, p. 6-11.

Origet du Cluzeau C., 2007. *Le tourisme culturel* - 4ème ed. Ed. Puf, coll. Que sais-je ?, 125 p.

Ottoson J.G., 2003. Le travail du Conseil de l'Europe concernant la géologie. Naturopa n° 99: 5.

P

Paganoni A., 2003. Eudimorphodon after 30 years – history of the finding and perspectives. Eudimorphodon : 30 Th from discovery.

Pagenstecher C., 2004. Die Automobilisierung des Blicks auf die Berge. Die Grossglocknerstrasse in Bildwerbung und Urlaubsalben. In: Verlag, C. (ed.) Tourisme et changements culturels – Tourismus und Kultureller Wandel

Palme R., Ingenhaeff W., 1993. *Galeries, puits et minerais A propos de l'histoire de l'industrie minière de Schwaz.* Ed. Berenkamp, 108 p.

Panizza M., 2009. The geomorphodiversity of the Dolomites (Italy) : a key of Geoheritage assessment. *Geoheritage*, n° 1, p. 33-42.

Panizza M., Piacente S., 2003. Geomorfologia culturale. Bologne.

Panizza M., Piacente S., 2005. Geomorphosites : a bridge between scientific research, cultural integration and artistic suggestion. *Il quaternario* Volume speciale (Geomorphological Sites and Geodiversity), p. 3-10.

Pavlovec R., 2002. Reflexions about geological trails in Slovenia. *GEOLOIJA*, vol. 45, n° 2, p. 475-478.

Payen D., Burdeau M., 2004. Comparaison européenne des approches en matière de protection et de gestion du patrimoine naturel, rapport du Ministère de l'écologie et du Développement durable, 136p.

Pelfini M., Bossoni M., 2007. Un esempio delle interazioni fra dinamica geomorfologica e frequentazione turistica : la rapida evoluzione dei geomorfositi di alta montagna e l'incremento del rischio lungo gli itinerary glaciologici. Atti del terzo congresso nazionale di Associazione geologia e turismo, p 135-142.

Peltier A., 2005. La gestion des risques naturels dans les montagnes d'Europe occidentale. Etude comparative du Valais (Suisse), de la Vallée d'Aoste (Italie) et des Hautes-Pyrénées (France). Géographie.

Pemberton M., 2006. Conserving geodiversity, the importance of valuing our geological heritage.

Périgois S., 2006. SiO2 [La Gardette], *EspacesTemps.net*, Mensuelles.

Peyrache-Gadeau V., 2001. La ressource patrimoniale : un enjeu pour les milieux innovateurs. valorisation des ressources naturelles et culturelles Facultad de Ciencias Economicas y Empresariales - Universitad del Pais Vasco - Bilbao.

Peyrache-Gadeau V., 2004. Les ressources patrimoniales : une modalité de valorisation par les milieux innovateurs de ressources spécifiques latentes ou existantes. In : *Ressources Naturelles et culturelles, milieux et développement local*. Ed. EDES, p. 71-90.

Philippe M., Argant A., Argant J., 2004. *L'ours des cavernes,* Actes du 9ème symposium international sur l'ours des cavernes : Entremont-le-Vieux (Savoie, France), 25-27 septembre 2003. 208 p.

Piacente S., 2005. Geosites and geodiversity for a cultural approach to geology. *Il quaternario*, vol. 18, n° 1, p. 11-14.

Pinna G., 1994. La protection du patrimoine paléontologique en Italie. Premier symposium international sur la protection du patrimoine géologique, Digne-les-Bains. *Mémoire de la Société géologique de France*, n° 165, p. 135-137.

Pirocchi A., 1998. Sentiero glaciologico al ghiacciaio d'Aurona.

Poirier B., 2008, *Identification, évaluation et sélection de géosites potentiels le long du sentier national du Québec dans la MRC des Laurentides : une contribution à l'offre écotouristique régionale des municipalités de Labelle et de la Conception*, mémoire de maîtrise de Géographie – Université du Québec, Montréal, 202 p.

Portal C., 2008. Géomorphosite : naissance d'un concept Application au marais de Goulaine (Loire-Atlantique). Cahier nantais n° 2, p. 87-96.

Poty B., 2007. Musée des cristaux Espace Tairraz Chamonix Mont-Blanc, 29 p.

Poty B., 2009. Le filon de la Gardette : souvenirs quarante cinq ans après... Bulletin du club de

minéralogie de Chamonix, du Mont-Blanc et des Alpes du Nord 59 bis: 1-10.

Poty B., Cathelineau M., 1999. La formation des cristaux dans les fentes alpines du massif du Mont-Blanc. Le règne minéral - Minéralogie du Massif du Mont-Blanc Hors-série V: 19-21.

Poulot D., 2006. *Une histoire du patrimoine en occident, XVIIIe-XXIe siècle*. Ed. Presses universitaires de France, coll. Le nœud Gordien, 192 p.

Pralong J.-P., 2004. Utilisation touristique de cavités karstiques dans des roches évaporitiques : la cas du Valais central (Suisse). Réunion annuelle de la Société Suisse de Géomorphologie, La Chaux-de-Fonds. p 55-67.

Pralong J.-P., 2006. Géotourisme et utilisation de sites naturels d'intérêt pour les sciences de la Terre : Les régions de Crans-Montana-Sierre (Valais, Alpes suisses) et Chamonix-Mont-Blanc (Haute-Savoie, Alpes françaises), Thèse de doctorat de la Faculté des Géosciences et de l'Environnement - Université de Lausanne Géographie, 223 p.

Pressenda P., Sturani M.L., 2007. Open-air museums and ecomuseums as tools for landscape management : some italian experience. In: European landscapes and lifestyles : the mediterranean and beyond. Ed. Lusofonas, E.U., 15 p.

R

Rabeder G., 1992. Gli orsi spelèi delle Conturines Scavi paleozoologici in una caverna delle Dolomiti a 2800 mètres. Ed. Athesia, Bolzano.

Rasse P., 1999. *Les musées à la lumière de l'espace public Histoire, évolution, enjeux.* Ed. L'Harmattan, 240 p.

Raumer J.F., 1998. The Palaeozoic evolution in the Alps : from Gondwana to Pangea. *Geol Rundisch,* n° 87, p. 407-435.

Raumer J.F., Stampfli G.M., Borel G. & Bussi F., 2002. Organization of pre-Variscan basement areas at the north Gondwanan-margin. *Earth Sciences* n° 91, p. 35-52.

Raumer von J.F., Bussy F. & Stampfli G., 2009. The Variscan evolution in the External massifs of the Alps and place in their Variscan framework. *C.R. Geoscience* 341, p. 239-252.

Ravachol-Orange D., 2003. Utilisation du temps et explications en Sciences de la Terre par les élèves de Lycée : Etude dans quelques problèmes géologiques. Thèse de doctorat en sciences de l'éducation, didactique des sciences de la Terre de l'Université de Nantes, 357 p.

Ray L., Mühlberger C., 2006. Protection de la nature et du paysage. Une référence identitaire. *Environnement,* n° 1, p. 12-14.

Raymond H. Dominick III, 1992. The environmental movement in Germany - Prophets and Pioneers 1871-1971. Ed. Bloomington : Indiana University Press, 290 p.

Rehbinder E., 2000. La protection conventionnelle des espaces naturels en Allemagne : 1ère partie, Aspects généraux. In: *La protection conventionnelle des espaces naturels.* Ed. Presses Universitaires de Limoges, p 105-129.

Reichler C., 2002. La découverte des Alpes et la question du paysage. Ed. Georg Lausanne, coll. Le voyage dans les Alpes, 256 p.

Reinhardt F., 2006. Guide des musées suisses. 10ème éd. Ed. Die Deutsche Bibliotek. 650 p.

Reynard E., 2004. La géomorphologie et la création des paysages. Paysages géomorphologiques - Séminaire de troisième cycle de géographie CUSO, Lausanne, p. 9-19.

Reynard E., 2004. L'évaluation des géotopes géomorphologiques en Suisse. In : *Paysages géomorphologiques, Séminaire de 3ème cycle CUSO 2003,* Université de Lausanne, Institut de géographie (Travaux et Recherches n° 27), p. 138-149.

Reynard E., 2004. Tsanfleuron, entre roche et glace.

Reynard E., 2005. Géomorphosites et paysages, *Géomorphologie: relief, processus, environnement, n°* 3, p. 181-188.

Reynard E., 2006. Valorisation géotouristique du karst de Tsanfleuron (Valais, Suisse), *Gestion durable de l'environnement karstique. Actes de la réunion annuelle de la Société Suisse de Géomorphologie (SSGm), La Chaux-de-Fonds,* Sion, Institut Universitaire Kurt Bösch (IUKB), p. 69-79.

Reynard E, 2009. Geomorphosites : definitions, charactéristics. In: *Geomorphosites,* Reynard E., et al. p. 9-21.

Riquier L., 2005. Perturbations des environnements marins à la limite Frasnien-Faménnien Apport de la chimie inorganique et du Magnétisme des roches. Thèse de doctorat, en Dynamique et environnement sédimentaire, Université Lille1, 458 p.

Rizzi E., 2005. Dolomieu dans les Dolomites : précisions sur son voyage de 1789 au Tyrol. In : *Dolomieu et la géologie de son temps,* Ed. Mines Paris Les presses, p. 71-86.

Rochas J., 2006. *Du Cabinet de curiosités au Muséum : les origines scientifiques du Muséum d'histoire naturelle de Grenoble (1773-1855).* Thèse d'Histoire. Université Pierre Mendès France - Grenoble II, 878 p.

Rochas J., 2007. Emile Gueymard et le Muséum d'histoire naturelle de Grenoble. *Mémoire d'Obiou* n° 12, p. 51-64.

Rochas J., 2008. Muséum de Grenoble : une histoire naturelle. Editions du Muséum de Grenoble, 88 p.

Röhling H.-G., Schmidt-Thomé M., 2004. Geosciences for the public : Geotopes and National Geoparcs in Germany. *Episodes*, vol. 27 n°4, p. 279-283.

Röhling H.-G., Schmidt-Thomé M., 2004. Le patrimoine géologique en Allemagne : géotopes et géoparcs. *Géologues* n° 104, p. 28-33.

Rohn-Brossard M., 2006. *Parc naturel, chemin à thème et impact économique*. Travail de diplôme de Formation continue en écologie et en sciences de l'environnement Université de Neuchâtel. 91 p.

Rossi M., 2005. *Déformation, transferts de matière et de fluide dans la croûte continentale : application aux massifs cristallins externes des Alpes*. Thèse de doctorat en Sciences de la Terre, de l'Univers et de l'Environnement – Grenoble 1, 388 p.

Rostagno V., 2006. Scoprimiera, L'affascinante viaggio nella miniera di talco più grande d'Europa.

Roux (de) E., 2000. *Patrimoine industriel*. Ed. du Patrimoine et Ed. Scala, 271 p.

Roy J.B., 2005. Les parcs archéologiques au risque du parc de divertissement. *Culture et Musées - Du musée au parc d'attractions* n°5, p. 37-63.

S

Sagne C., 2001. Halitherium taulannense, nouveau sirénien (Sirenia, Mammalia) de l'Eocène supérieur provenant du domaine Nord-Téthysien (Alpes de Haute-Provence, France). *C.R. Acad. Sci. Paris, Sciences de la Terre et des Planètes*, vol . 333, p. 471-476.

Sanchez E., 2007. *Investigation scientifique et modélisation pour l'enseignement des sciences de la Terre. Contribution à l'étude de la place des technologies numériques dans la conduite d'une classe de terrain au lycée*, Thèse de doctorat en didactique, Institut National de la Recherche pédagogique - Lyon, 400 p.

Savaton P., 1998. *La carte géologique dans l'enseignement secondaire Bilan historique et didactique, réflexion et propositions d'apprentissage*. Thèse de doctorat en didactique des disciplines, Université Paris VII, 269 p.

Saussure, H.-B.d., 1779. Voyages dans les Alpes.

Scherrieb H.R., 2005. Les éléments du nouveau management de l'émotion : comment peut-on rendre les expériences touristiques inoubliables ? Les sommets du tourisme, Chamonix.

Schönlaub H.P., 1991. Zum Urknail zum Gailtal 300 millionen jahre erdgeschischichte in der karnishen region.

Schönlaub H.P., 1998. The ordovician of the Southern Alps. *Mitt.Osterr.Geol.Ges* n° 91, p. 39-51.

Schroll E. & Rantitsch G., 2005. Sulphur isotope patterns from the Bleiberg deposit (Eastern Alps) and their implications for genetically affiliated lead–zinc deposits. Mineralogy and Petrology 84, pp. 1-18.

Seeman R. & Koller F;, 1989. Petrographic and geochemical investigations in the Knappenwand Area, Habach Formation (Tauern Window, Austria). *Mitt, österr. geol. Ges*., p. 109-112.

Seidl J;, 2002. Ami Boué (1794–1881), géoscientifique du XIXe siècle. *C.R. Acad. Sci. Paris, Palevol*, n° 1, p. 649-656.

Sellier D., 2009. La vulgarisation du patrimoine géomorphologique : objets, moyens et perspectives. *Bulletin de l'Association de Géographes français*, n° 1, p. 67-81.

Sesiano J., 2003. Traçage entre le lac de barrage de Salanfe et les sources thermales de Val d'Illiez. *Karstologia* n° 41, p. 49-51.

Sharples, C., 2002. Concepts and principles of Geoconservation. PDF document, Tasmanian Parks &Wildlife Service Website.

Sievert J., 2000. The origins of nature conservation in Italy. Ed. Peter Lang

Silvestri F., 2004. Una breve storia della conservazione delle paesaggio in Italia. Storia e futuro, p. 4-12.

Sipari L. A., 2006. Un conflitto tra tutela ambientale e sviluppo industriale durante il fascismo. Rivista Scuola superiore dell'economia e delle finanze ANNO 3: 11.

Slupetzki H, 1988. Gletscherweg Obersulzbachtal

Smiraglia C. et al, 2005. Valorizzazione e salvaguardia dell'alta montagna. I sentieri naturalistici : riflessioni teriche, realizzazioni, prosposte, in: Bologna, P.E. (ed.) La valorizziazione turistica dello spazio fisico come via alla salvaguardia ambientale, p. 305-315.

Smiuc A., 2005. Jurassic and Cretaceous geography and sedimentary evolution of the Julian Alps, NW Slovenia, 98 p.

Spangenberg J.E., Herlec U., 2006. Hydrocarbon Biomarkers in the Topla-Mezica Zinc-Lead Deposits, Northern Karavanke/Drau Range, Slovenia: Paleoenvironment at the Site of Ore Formation *Economic geology* , n° 101, p. 997-1021.

Speh N., Plut D., 2001. Sustainable landscape management in Slovenia : Environmental improvements for the Velenje coal mining community 1991-2001. *Geojournal* n° 54, p. 569-578.
Spötl C., Pak E., 1996. A strontium and sulfur isotopic study of Permo-Triassic evaporites in the Northern Calcareous Alps, Austria. *Chemical geology* n° 131, p. 219-234.
Stefani M., 2004. Triassic carbonate platforms of the Dolomites : carbonate production, relative sea-level, fluctuations and the shaping of the depositional architecture, in 32nd International Geological Congress, Florence, 68 p.
Stockar R., 2003. Guida geologica Parco delle Gole della Breggia, 119 p.
Strasser A., H.P., Jordan P., Stapfer A., Stürm B., Vogel A., Weidmann M. , 1995. Géotopes et la protection des géotopes en Suisse : un rapport Stratégique, 28 p.
Stueve A.M. et al, 2002. The geotourism study : Phase 1 executive summary, 24 p.
Stürm B., H.R., Keller O. , 2003. Geotopinventar Kanton St-Gallen. 30 p.

T

Tabouelle J., 2007. *Le Patrimoine Géologique Normand : nature, protection, promotion*. Thèse de Doctorat du Muséum national d'Histoire naturelle - Paris, 537 p.
Thuro K., Berner C. & Eberhardt E., 2006. Der Bergsturz von Goldau 1806-200 Jahre nach dem Erignis. *Rock and soil engineering*, vol. 24, n° 3, p. 59-66.
Tilden F., 1957. Interpreting our heritage.
Tillet T., 2001. *Les Alpes et le Jura Quaternaire et Préhistoire ancienne.* Société Géologique de France. Coll. Géosciences, 257 p.
Tornatoré J.-L., 2000. La leçon de sociologie des paysans-mineurs du Briançonnais, Anthropologie du bassin minier. Formes de mobilisation dans les régions d'activités minières, Béthune, p 309-334.
Tornatoré Jean-Louis, 2001. Les formes d'engagement dans l'activité patrimoniale De quelques manières de s' accommoder au passé. *Les formes de l'engagement en Europe*, Metz. 19p.
Trümpy R., Lemoine M., 1998. Marcel Bertrand (1847-1907) : les nappes de charriage et le cycle orogénique. *C.R. Acad. Sci. Paris, Sciences de la Terre et des Planètes*, vol. 327, p. 211-224.
Tumiati S., 2005. The ancient mine of Servette (ST-Marcel, Val d'Aosta, Western italian Alps) : a mineralogical, metallurgical and charcoal analysis of furnace slags. *Archaeometry*, vol. 47, n° 2, p. 317-339.
Uekötter F., 2004. The Old Conservation history and the New : An argument for Fresh Perspectives on an Established Topic. *Historical Social Research*, vol. 29, n° 3, p. 171-191.

U/V

Uhlir C., Untersberger marmor.
Vaccari E., 1999. Austro-Italian Scientific Relatioships in the field of the Earth Sciences. The geologische Reichsanstalt and the geologists of the Lombardo-Venetian Kingdom (1850-1866). *Abhanlungen der geologischen Bundesanstalt*, vol. 56, n° 1, p. 95-114.
Vaccari E., 2003. Mais qui a donc enfanté l'alpe ? *L'Alp*, vol. 20, p. 82-89.
Vaccari E., 2004. An Overview on some Geological Relationships between Austrian and Italian Scientists in the 18th Century. *Jb. Geol. B.-A.*, vol. 144, n° 1, pp. 133-135.
Vaccari E., 2006. The "classification" of mountains in eighteenth century Italy and the lithostratigraphic theory of Giovanni Arduino (1714–1795). In: *The origins of geology in Italy*. Ed. The geological society of America, p. 157-177.
Vaccari E., 2007. The organized traveller : scientific instruction for geological travels in Italy and Europe during the eighteenth and nineteenth centuries. In: *Four centuries of geological Travel*. Ed. P.N. Wise Jackson, p. 7-17.
Van Praët M., 1996. Cultures scientifiques et musées d'histoire naturelle en France. *Hermès*, vol. 20, p. 143-149.
Vellozzi M.-C., Vercken M.-T., Guichonnet P., Joutard P. & Lebailly H., 2002. *Mont-Blanc : conquête de l'imaginaire*. Ed. La Fontaine de Siloé, 432 p.

W

Wagreigh M., 1995. Subduction tectonic erosion and late Cretaceous subsidence along the northern Austoalpine margin (Eastern Alps, Austria). *Tectonophysics* n° 242, p. 63-78.
Widner Ward C., Roggenbuck J., 2003. Understanding Park visitor's response to interventions to reduce Petrified Wood Theft. *Journal of Interpretation Research* vol. 8, n° 1, p. 67-82.
Wiedenbein F., 1991. German developments in earth science conservation. In: Premier symposium international sur la protection du

patrimoine géologique, Digne-les-bains. Ed. Société géologique de France, p. 119-127.
Wimbledon W.A.P. et al., 1999. Geological world Heritage : GEOSITES - a global comparative site inventory to enable prioritisation for conservation. *Mem. Descr. Carta Geol. d'It.*, vol. LIV, p. 45-60.
Wimbledon W.A.P., 1996. Geosites, a new conservation initiative. *Episodes* vol. 19, n° 3, p. 87-88.
Wolf J.R., 1985. Un tourisme compatible avec l'environnement et les besoins de la société est-il réellement concevable ? Actes de la conférence : Sanfter Tourismis- Schlagwort oder Chance für den Alpenraum ?, Chur, p. 43-58.
Wolfgang E., Patzak M., 2004. Geoparks-geological attractions : a tool for public education, recreation and sustainable economic development. *Episodes* vol. 27, n° 3, p.162-164.
Wuttke M., 2001. Geotope protection in the Federal Republic of Germany. In: *A future for fossils.* Ed. Basset H.G., et al., p. 39-41.

XZ

Xun Z., Ting Z., 2003. The socio-economic benefits of establishing National geoparks in China. *Episodes* vol. 26, n° 4, p. 302-310.
Zhang S. Jin Y., 1994. Tourism resources on karst & caves in China. II th Congrès de l'ISCA, Malaga, p. 111-119.
Zryd A., 2001. *Les glaciers*. Ed. Pillet, 325 p.
Zühlke R., Bechstädt T. & Mundil R., 2002. Sub-Milankovitch and Milankovitch forcing on a model Mesozoic carbonate platform – the Latemar (Middle Triassic, Italy). *Terra nova*, vol. 15, n° 2, p. 69-80.
Zwolindski Z., 2004. Geodiversity. In: A.S., G. (ed.) Encyclopedia of Geomorphology, p. 417-418.

Annexes

Annexes

ANNEXE 1

LISTE PAR PAYS DE L'OFFRE GEOTOURISTIQUE

ANNEXE 2

FREQUENTATION ANNUELLE DES SITES GEOTOURISTIQUES A ENTREE PAYANTE

ANNEXE 3

LISTE DES FIGURES

OFFRE GEOTOURISTIQUE DANS LES ALPES FRANCAISES

Dpt	OBJET GEOTOURISTIQUE	N
ALPES-MARITIMES	Sentier RTM des Imberts	1
	Musée du Cuivre de la Croix sur Roudoule	2
	Sentier géologique d'Eze	3
	Grottes des Audides	4
	Soutteroscope de la Baume obscure	5
	Grotte de St-Cézaire	6
	Musée de Terra Amata	7
	Muséum d'histoire-naturelle de Nice	8
	Sentier des Merveilles	9
	Musée des Merveilles	10
	Grotte de Grimaldi	11
	Musée de Préhistoire de Menton	12
ALPES-DE-HAUTE PROVENCE	Grotte de Baume Bonne	13
	Musée de Préhistoire des Gorges du Verdon	14
	Musée de La Palud sur Verdon	15
	Sentier des Sirènes	16
	Musée des Sirènes	17
	Sentier des grès d'Annot	18
	Sentier de la Haute vallée de l'Asse	19
	Circuit du Tour du Blayeul	20
	Sentier de la route du temps	21
	Musée de Digne-les-Bains	22
	Musée de Sisteron	23
	Sentier des pénitents des Mées	24
HAUTES-ALPES	Musée du château de Ville-vieille	25
	Muséum d'histoire naturelle de Gap	26
	Musée de l'Argentière La Bessée	27
	Mine de l'Argentière La bessée	28
	Mine paysanne de Villard-St-Pancrace	29
	Mine paysanne de Combarine	30
	Sentier du Chenaillet	31
	Sentier géologique de Briançon	32
	Sentier du Rocher-Blanc	33
	Sentier du Verdarel	34
DRÔME	Grotte de la Luire	35
ISERE	Sentier de Pellafol	36
	Sentier de Tréminis	37
	Sentier d'Entraigues	38
	Sentier géodidactique de Venosc	39
	Sentier de St-Paul de varces (circuit de la lempe)	40
	Mine image	41
	Musée de la Romanche	42
	Musée de l'eau	43
	Grotte de Thaïs	44
	Grotte de la Draye Blanche	45
	Grotte de Choranche	46
	Musée d'Huez et d'Oisans et mines de Brandes	47
	Musée des minéraux de Bourg d'Oisans	48
	Cuves de Sassenage	49
	Muséum d'Histoire naturelle de Grenoble	50
	Sentier des meules de Mont-St-Martin	51
	Sentier de St-Ismier	52
	Sentier du Fer	53
	Musée Jadis Allevard	54
SAVOIE	Rocher du Château	55
	Musée d'archéologie de Sollière Sardières	56
	Parc archéologique des lauzes	57
	Le Grand filon - Musée des Hurtières	58
	Musée de l'ours des cavernes	59
	Grotte des Echelles	60
	Galerie Euréka	61
	Muséum d'histoire naturelle de Chambéry	62
	Sentier des Tannes et des glacières	63
	Mines de Pesey-Nancroix	64
	Sentier de découverte de Champagny-en-Vanoise	65
	Espace glacialis	66
	Sentier du glacier du Gébroulaz	67
	Musée des Minéraux de Bourg saint Maurice	68
HAUTE-SAVOIE	Grotte de Seythenex	69
	Gorges de la Diosaz	70
	Gorges du pont du diable	71
	Les ardoisières de Morzine	72
	Le sentier des graniteurs	73
	Sentier glaciologique des Chavands	74
	Sentier glaciologique du glacier des Bossons	75
	Musée du centre de la Nature Montagnarde (Sallanches)	76
	Musée de la réserve naturelle de Sixt Fer à Cheval	77
	Musée de la réserve naturelle des Aiguilles Rouges	78
	Musée des cristaux de Chamonix	79

Gorges	Grottes	Mines et carrières	Musées	Sentiers
2	12	6	30	29

OFFRE GEOTOURISTIQUE DANS LES ALPES ITALIENNES

REGION	OBJET GEOTOURISTIQUE	N°
LIGURIE	Grotte de Borgio Verezzi	80
	Grotte de Toirano	81
	Sentier géoroutier	82
	Sentier naturaliste de la val gargassa	83
	Musée de la maison du parc de Sassola	84
	Sentier mégalithique	85
PIEMONT	Grotte de Bossea	86
	Ecomuseo del marmo di Frabosa	87
	Grotte de Deidosssi	88
	Alto piano della Gardetta	89
	Réserve naturelle de Ciciu del Villar	90
	Musée civique d'histoire naturelle de Carmagnola	91
	Musée de Pinerolo	92
	Muséum d'Histoire naturelle de Turin	93
	Mine de scropiminiere	94
	Ecomusée de la carrière de Lauze de Rorà	95
	Itinéraire de la haute vallée pellice	96
	Itinéraire de Villarbasse	97
	Itinéraire du Val sangonetto	98
	Mine de la Traverselle et de Brosso	99
	Amphithéâtre morainique d'Ivrée	100
	Les grottes du Monte Fenera	101
	Musée civique de Paléontologie et de Paleoethnologie de Borgosesia	102
	Ecomusée du lac d'Orta et Mottarone	103
	Sentier glaciologique du Haut Valsesia	104
	La mine de Guia à Macugnaga	105
	Sentier naturaliste de Beura « Storie di Pietra »	106
	Ecomusei del granito di Montorfano	107
	Musée d'histoire naturelle de Domodossola G.G Galletti	108
	Sentier glaciologique di Veglia	109
VALLEE D'AOSTE	Musée de Sciences-naturelles de St Pierre	110
	Mines de Cogne	111
	Sentier des mines de Chuc et Servette	112
	Jardin de pierre Le pietre del Lys à Fontainemore	113
	Jardin de pierre de Pollein	114
	Muséum d'Histoire naturelle de Milan	115
	Musée la miniera de Desio	116
	Grotte aux ours du Monte generoso	117
	Sentier des marmites de géant de Torbole	118
	Musée géologique de Valmalenco à Chiesa	119
	Sentier glaciaire Vittorio Sella	120
	Parc géologique de Chiareggio	121
	Sentier glaciaire Luigi Marson	122
	Musée et mine de Talc de Bagnada	123
	Mines de Plomb de « Piani Resinelli »	124
	Sentier géologique Giorgio Achermann	125
	Sentier géologique du parc régional de Montevecchia	126
	Grotte de Meraviglie	127
	Muséum d'histoire naturelle de San Pellegrino	128
	Musée minéralogique zorzone à Oltre il colle	129
	Muséum d'histoire naturelle de Bergame	130
	Musée et sentier du parc paléontologique de Cene	131
	Museum d'histoire naturelle de Brescia	132
	Sentier du Glacier Forni	133
	Mines de Schilpario	134
	Sentier de Capo di ponte	135
	Musée de l' Archeopark Boario terme	136
TRENTIN HAUT-ADIGE	Musée de l'Archéoparc de Senales	137
	Sentier glaciaire de la Weisskugelhütte	138
	Mine de Ridnau	139
	Museum de Vipiteno	140
	Mine de Prettau	141
	Musée des minéraux Valle aurina	142
	Musée des minéraux Val di Funes	143
	Musée du ladinien de Saint Cassiano	144
	Musée d'Archéologie de Bolzano	145
	Natur museum Süd Tyrol	146
	Musée paléontologique de Meltina	147
	Musée des minéraux de Vigo	148
	Sentier géologique de Dos Capel	149
	Canyon de Bletterbach	150
	Sentier géologique Stoppani à Vezzano	151
	Muséum d'histoire naturelle de Trente	152
	Museo civico di Rovereto	153
	Sentier des traces de Lavini di Marco	154
	Musée des fossiles de Brentonico	155
VENETIE	Musée Rinaldo Zardini à Cortina di Ampezzo	156
	Sentier de Arabba	157
	Bus del Buson	158
	Centre paléontologique de Bolca	159
	Grotte Oliero	160
FRIOUL	Musée géologique d'Ampezzo	161
	Musée d'Ospedaletto	162
	Sentier d'Ospedaletto	163
	Grotte de Villanova	164
	Parcours naturaliste de la grotte Vigant	165
	Mines de Predil	166

Gorges	Grottes	Mines et carrières	Musées	Sentiers
2	9	11	36	29

OFFRE GEOTOURISTIQUE DANS LES ALPES SUISSES

CANTON	OBJET GEOLOGIQUE	N°
VAUD	Mines de Bex	167
	Sentier du sel	168
VALAIS	Grotte des Fées	169
	Sentier de Salanfe	170
	Sentier d'Emosson	171
	Sentier et Gorges du Trient	172
	Bisse du Trient	173
	Sentier des mines du Mont Chemin	174
	Musée du Col du Grand St-Bernard	175
	Musée des glaciers à Lourtier	176
	Sentier de la combe de l'A	177
	Fondation Tissières Martigny	178
	Sentier du karst de Tsanfleuron	179
	Musée de la spéléologie et du karst	180
	Muséum d'histoire naturelle de Sion	181
	Lac souterrain du saint-Léonard	182
	Sentier glaciologique d'Arolla	183
	Sentier des glaciers à Zermatt	184
	Sentier glaciologiqque de Saas Fee	185
	Mine de La lée à Zinal	186
	Mines du Gondo	187
	Musée du glacier d'Aletsch	188
	Sentier du glacier d'Aletsch	189
	Musée des mines de Binntal	190
	Sentier des mines de Binntal	191
	Sentier du glacier des sources du Rhône	192
BERN	Musée des cristaux de Obergesteln	193
	Gorges et cascades de Trümmelbach	194
	Gletschersclucht	195
	Sentier des cristaux Grims – Kristall – Schatzweg	196
	Musée des cristaux de Guttanen	197
	Gorges de l'Aar	198
	Grotte de St-Béat	199
	Muséum d'histoire naturelle de Bern	200
FRIBOURG	Sentier du Vanil noir	201
	Grottes de la Madeleine	202
	Muséum d'histoire naturelle de Fribourg	203
TESS	Geopark Gole della Breggia	204
	Carrière d'Arzo	205
	Muséum de Meride	206
	Sentier du Monte San Giorgio	207
I	Museo di minerali i fossili	208
	Muséum d'histoire naturelle de Lugano	209
	Sentier	210
	Musée de Bellinzona	211
G	Sentier des marmites de Cavaglia	212
	Sentier des glaciers de Pontresina	213
	Gorges Via mala	214
	Mine de plomb et argent de Davos	215
	Sentier géologique des gorges de Zügen	216
	Mine et musée de Scuol	217
	Sentier glaciaire de la Silvretta	218
	Muséum d'Histoire naturelle de Chur	219
S	Gorges de la Tamina à Bad Ragaz	220
	Musée de Gonzen	221
	Mines de fer de Gonzen à Sargans	222
	Croisière géologique sur le Wallensee	223
	Musée d'Histoire naturelle de Amden	224
	Sentier géologique du Flumserberg	225
	Musée des grottes de Drachenhohle à Vättis	226
St-GALLEN	La grotte de cristal de Kobellwamd	227
	Musée d'histoire naturelle de St-Gallen	228
	Geologie-Steinpark Schwägalp	229
GLARIS	Musée du géoparks de Elms	230
	Mines d'ardoise de Elm	231
	Chevauchement des Glaris	232
	Sentier géologique de Glaris	233
SCHWYZ	Grotte de Muotothal	234
	Musée de Goldau	235
	Natur and tierpark à Schwyz	236
URI	Musée des cristaux de Seedorf	237
	Grotte de Höll à Baar	238
LUCERNE	Sentier géomorphologique d'Escholzmatt	239
	Jardin des glaciers de Lucerne	240
	Muséum d'histoire naturelle de Lucerne	241
ZURICH	Bergwerk Käpnach	242
	Musée des mines de charbon	243
	Muséum d'histoire naturelle de Zurich	244
	Musée de géologie et de minéralogie de l'ETH	245
	Kulturama/musée de l'homme	246
	Musée de paléontologie de l'Université	247

Gorges	Grottes	Mines et carrières	Musées	Sentiers
8	7	9	28	29

OFFRE GEOTOURISTIQUE DANS LES ALPES ALLEMANDES

LAND	OBJET GEOTOURISTIQUE	N°
BAVIERE	Breitachklamm	248
	Sentier géologique de Bad-HindelanG	249
	Sturmannshöhle	250
	Mine de fer de Erzgruben	251
	Sentier géologique Pfronten- Vils	252
	Muséum d'histoire naturelle de Kempten	253
	Kulturpfad Schutzengelweg, Schwagau	254
	Bergbaumuseum Peissenberg	255
	Partnachlamm	256
	Sentier géomorphologique du Zugspitze	257
	Sentier géologique de Bad Tölz	258
	Geo-park Wendelstein	259
	Wendelsteinhöhle	260
	Carrière de meule (Mühlsteinbruch Hinterhör)	261
	Geologischer Gipfelrundwanderweg	262
	Schellenbergereisehöhle	263
	Gorges et cascades de Wimbachtal	264
	Gorges de Almbach	265
	Salzbergwerk mit Salzmuseum à Berchtesgaden	266
	Sentier de Steinerne Agnes	267

Gorges	Grottes	Mines et carrières	Musées	Sentiers
4	3	4	1	8

OFFRE GEOTOURISTIQUE DANS LES ALPES AUTRICHIENNES

LAND	OBJET GEOTOURISTIQUE	N°
VORARLBERG	Musée d'Histoire Naturelle de Dorbirn	268
	Grotte de Schneckenloch	269
	Gorges de Rappenlochschlucht	270
	Gorges d'Alplochschlucht	271
	Mines de Bartholomaberg	272
	Sentier géologique de Bürser Schlucht	273
	Sentier géologique de Bregenz	274
TYROL	Geologischer Lehrpfad Lechtaler Alpen	275
	Gorges de Rosengartenschlucht à Imst	276
	Sentier de Karrösten à Imst	277
	Sentier de Forchet à Haiming	278
	Sentier géologique Obere Ampelsbach-/Filzmoosbach-Schlucht	279
	Grotte de Tropstein à Wörgl	280
	Musée Ferdinandeum d'Innsbruck	281
	Musée Tyrolien de la mine de Brixlegg	282
	Schaubergwerk Pertisau	283
	Mine d'argent de Schwaz	284
	Schaubergwerk Fügenberg	285
	Wildschönauer Erlebnisbergwerk	286
	Zillertaler Goldschaubergwerk	287
	Sentier naturaliste de Gepatschferner im Kaunertal	288
	Paléopark d'ötz (Otzi dorf)	289
	Sentier géologique de Winkelberg à Langenfeld	290
	Naturkundlicher Fürher Sölden im ötztal	291
	Sentier didactique du glacier de Lüsens	292
	Sentier des glaciers "Berliner Hütte"	293
	Sentier glaciologique d'Innergschlöß	294
	Spannagelhöhle	295
	Schaubergwerk Kupferplatte	296
SALZBOURG	Schaubergwerk Hochfeld	297
	Muséum d'Histoire Naturelle de Salzbourg	298
	Keltenmuseum de Hallein	299
	Musée du marbre de Untersberg	300
	Gorges de Glasenbachklamm	301
	Carrière et musée d'Adnet	302
	Museum Burg Golling (paléontologie)	303
	Sentier : „Von der Lagune zum Hochgebirge"	304
	Lamprechtshöhle	305
	Le musée du cristal à saalbach	306
	Sentier glaciologique d'Obersulzbachtal	307
	Sentier de Habbach Vallée (émeraude)	308
	Musée de minéralogie de Bramberg	309
	Gletscherlehrweg Ödenwinklkees (Uttendorf)	310
	Mine de Leogang	311
	Eisriesenwelt	312
	Musée et mine de Huttau	313
	Musée de la mine de Mühlbach am Höchkonig	314
	Musée de la mine de St Veit im Pongau	315
	Schaubergwerk Arthurstollen	316
	Steingarten de Zell am see	317
	Entrische Kirche à Dorfgastein	318
	Gasteiner Museum de Bad Gastein	319
	Montan museum de Böckstein	320
	Centre d'Interprétation de Mitersil	321
	Sentier de l'or du Haut Tauern	322
	Sentier des mineurs de Sulzbach	323
	Silberbergwerk Ramingstein	324
CARINTHIE	Gletscherweg Pasterze	325
	Village des mines d'or d'Heiligenblut	326
	Blockgletscherweg im Dösental à Mallnitz	327
	Geotrail Tauernfenster	328
	Nassfeld geotrail	329
	geotrail des alpes carniques (silurien)	330
	Geotrail zollnersee	331
	Geotrail Wolayersee	332
	Gorges de Garmitzenklamm	333
	Mines de Schaubergwerke Terra Mystica	334
	Bergbaumuseum de Klagenfurt	335
	Grotte de Obir	336
	Grotte de Griffener	337
	Mines de Huttenberg	338
	Musée des minéraux à Knappenberg	339
HAUTE-AUTRICHE	Mammuthöhle	340
	Dachtein Rieseneishöhle	341
	Kappenbrüllenhöhle	342
	Gassel tropsteinhoëhle Ebensee	343
	Mines de sel de Hallstatt	344
	Geologischer Lehrpfad Phyrn-Priel	345
	Themenweg Millionenweg	346
STYRIE	Sentier géologique de grundsee	347
	Gorges de Wasserloch à Palfau	348
	Grotte de Kraus	349
	Geotrail de Gam	350
	Sentier vélo de Gam	351
	Sentier radeau de Gam	352
	Musée du géoparc	353
	Schaustollen Silberbergwerk Bromriesen	354
	Magnesitstollen Hohentauern	355
	Historische Silbergruben Oberzeiring	356
	Bergbaumuseum Fohnsdorf	357
	Mine de Radmer	358
	Eisenerz	359
	Schaubergwerk Sunfixl-Höhle	360
	Grotte Rettenwandhöhle de Kapfenberg	361
	Gorges de Baerenschultz	362
	Grotte de Katerloch	363
	Grotte de Grass	364
	Grotte de Lurde Semriach	365
	Muséum d'histoire naturelle de Graz	366
	Arzberg	367

BURGENLAND	Mines d'ophite de Bernstein	368
BASSE - AUTRICHE	Grotte de Hermannhöhle à Kirchberg	369
	Schaubergwerk am Grillenberg	370
	Mine de Seegrotte	371

Gorges	Grottes	Mines et carrières	Musées	Sentiers
6	18	28	17	34

OFFRE GEOTOURISTIQUE DANS LES ALPES SLOVENES

REGION		OBJET GEOTOURISTIQUE	N°
ALPES	JULIENNE	Le sentier de la Soca	372
		Les Gorges de la Soca	373
		Museum of the Gornejsavska Region in Jesenice	374
		Le musée des forges de fer à Radovljica	375
		Mines de fer de Planina pod golico	376
		Muséum du château de Bled	377
HAUT	CARN	Grotte Babji zob	378
		The Dovžan Gorge	379
		Educational Centre (RIS)	380
		The St. Anna Mine	381

E-	IOLE	Sentier géologique slovène	382
S	S	Grotte de Pekel	383
		Sentier géologique de la grotte de Pekel	384
B	S	Mine de lignite de Velenje	385
		Mine de Plomb de Mezica	386
		Les grottes préhistoriques de Potočka zijalka	387
		Musée de Potočka zijalka à First	388

Gorges	Grottes	Mines et carrières	Musées	Sentiers
2	3	4	5	3

FREQUENTATION DES SITES GEOTOURISTIQUES ALPINS A ENTREE PAYANTE

		2004	2005	2006	2007
ALLEMAGNE					
BAVIERE	Breitachklamm				100 000
	Sturmannshöhle		41303	33 905	32 927
	Mine de fer de erzgruben				
	Muséum d'histoire naturelle de Kempten				
	Partnachlamm				180 000
	Wendelsteinhöhle				
	Schellenberger Eishöhle				12 000
	Gorges et cascade de Wimbachtal	71 208	65 500	66 732	72 500
	Salzbergwerk mit Salzmuseum à Berchtesgaden		345 000	330 000	360 000
AUTRICHE					
VORARLBERG	Musée d'Histoire Naturelle de Dorbirn	120 400	89 000	82 000	
	Grotte de Schneckenlochhöhle				3 500
	Gorges de Rappenlochschlucht				100 000
	Gorges d'Alplochschlucht				100 000
	Mines de Bartholomaberg				
TYROL	Gorges de Rosengartenschlucht à Imst			982	
	Grotte de Tropstein à Wörgl				
	Musée Ferdinandeum d'Innsbruck				
	Musée Tyrolien de la mine de Brixlegg				
	Schaubergwerk Pertisau				
	Mine d'argent de Schwaz				100 000
	Schaubergwerk Fügenberg				
	Wildschönauer Erlebnisbergwerk				
	Zillertaler Goldschaubergwerk				
	Paléopark d'ötzi (Otzi dorf)				
	Spannagelhöhle				
	Schaubergwerk Kupferplatte				
SALZBOURG	Schaubergwerk Hochfeld				4200
	Muséum d'Histoire Naturelle de Salzbourg	273 000	261 100	272 001	269 033
	Keltenmuseum de Hallein				28 362
	Musée du marbre de Untersberg				
	Carrière et musée d'Adnet				
	Museum Burg Golling (paléontologie)			6 031	
	Lamprechtshöhle				
	Le musée du cristal à saalbach				
	Musée de minéralogie de Bramberg			8 000	
	Mine de Leogang			8 673	
	Eisriesenwelt			150 000	160 000
	Musée et mine de Huttau				
	Musée de la mine de Mühlbach am Höchkonig			1 708	
	Musée de la mine de St Veit im Pongau			6 127	
	Schaubergwerk Arthurstollen				
	Entrische Kirche à Dorfgastein				
	Gasteiner museum de badgastein			3 450	
	Musée des minéraux de Böckstein			6 495	
	Centre d'Interprétation de Mitersil				70 000
	Mines d'argent de Ramingstein			3 500	
CARINTHIE	Berbaumuseum de Klagenfurt			11095	
	Terra Mystica				30 000
	Grotte de Obir			40 000	
	Grotte de Griffener			17 000	
	Mines de Huttenberg				3 500
	Musée des minéraux à Knappenberg			8 694	
HAUTE-	Mammuthöhle				100 000

AUTRICHE	Dachtein Rieseneishöhle				100 000
	Kappenbrüllenhöle				100 000
	Mines de sel de Hallstatt				
STYRIE	Grotte de Kraus				
	Musée du géoparc				
	Schaustollen Silberbergwerk Bromriesen				
	Magnesitstollen Hohentauern				
	Historische Silbergruben Oberzeiring				
	Bergbaumuseum Fohnsdorf				
	Mine de Radmer		1300	1700	
	Eisenerz			86 800	
	Schaubergwerk Sunfixl-Höhle				
	Grotte Rettenwandhöhle de Kapfenberg				
	Gorges de Bärenschütz				28 000
	Grotte de Katerloch				
	Grotte de Grass				
	Grotte de Lur de Semriach				
	Arzberg				
	Muséum d'histoire naturelle de Graz			13 293	
BURGENLAND	Mines de Berstein				
BASSE - AUTRICHE	Grotte Hermannhöhle de Kirchberg			5 000	
	Schaubergwerk am Grillenberg				
	Seegrotte			91 800	
FRANCE					
HAUTE-SAVOIE	Musée de minéralogie de Chamonix				
	Musée de la Réserve Naturelle des Aiguilles Rouges				
	Musée de la réserve de Sixt Fer à Cheval				
	Musée du centre de la Nature Montagnarde			30 000	26 000
	Gorges du pont du diable	39041	37 982		
	Gorges de la Diosaz	53014	48 759		44 520
	Musée des Minéraux de Bourg saint Maurice	25030	25 061		
SAVOIE	Espace glacialis				2 000
	Mines de Pesey-Nancroix				9 000
	Grottes de Seythenex	31004	30 400		
	Muséum d'histoire naturelle de Chambéry	3005	3165	2974	
	Galerie Euréka			45 000	
	Grotte des Echelles			10 000	
	Musée de l'ours des cavernes			22 000	
	Le Grand filon - Musée des Hurtières			10 000	
	Musée d'archéologie de Sollière Sardières				
ISERE	Musée Jadis Allevard	3 909	4 205	4 685	4 389
	Muséum d'Histoire naturelle de Grenoble	79 676		98 446	
	Cuves de Sassenage	8862	9920	9 842	11 439
	Musée d'Huez et de l'Oisans	5 074	4 894	4 552	3 586
	Musée des minéraux de Bourg d'Oisans	8 862	10 174	9 113	9 697
	Grotte de Choranche	105 523	108 431	121 046	116 988
	Grotte de la Draye Blanche	16 529	14 137		
	Grotte de Thaïs	13 779	16 442		
	Grotte de la Luire	12 512	10 455		
	Musée de l'eau	34 356	36 064	39 615	39 998
	Mine image	21 010	20 319	17 515	18 213
HAUTES-ALPES	Mine paysanne de Combarine				
	Mine paysanne de Villard-St-Pancrace				
	Musée de l'Argentière La bessée			10 000	
	Muséum d'histoire naturelle de Gap				
	Musée du château de Ville-vieille				
ALPES DE	Musée Terre et temps de Sisteron	3353			

HAUTE-PROVENCE	Musée de Digne-les-Bains	17 622			
	Musée des Sirènes	2796			
	Musée de La Palud sur Verdon	1039			
	Musée de Préhistoire des Gorges du Verdon + grotte	74 191	75 789	70 041	
ALPES MARITIMES	Musée de Préhistoire de Menton	11 888	10 232	8961	
	Grotte de Grimaldi				
	Musée des Merveilles	22 740	23 360	23 394	
	Muséum d'Histoire-naturelle de Nice	14 250	46 562	75 181	11 050
	Musée de Terra Amata	14 729	15 376	14 514	
	Grottes de St-Cézaire	44062	46 095	46 497	42 640
	Soutteroscope de la Baume obscure	18209	15 318	17 288	20 199
	Grottes des Audides	4584	3723	3 543	3 505
	Musée du Cuivre de la Croix sur Roudoule	6253	5446	1704	2 612
ITALIE					
VALLEE d'AOSTE	Musée d'histoire naturelle de St Pierre				
	Mines de Cogne				
PIEMONT	Musée d'histoire naturelle de Domodossola G.G Galletti				50 rénovation
	La mine de Guia à Macugnana				
	Musée civique de Paléontologie et de Paleoethnologie de Borgosesia				
	Mine de la Traverselle				
	Mine de scropiminiere		17 462	20 877	19 592
	Muséum d'Histoire naturelle de Turin		82 828	66 946	69 451
	Musée civique d'art préhistorique de Pinerolo		3 285	5 880	3 215
	Musée civique d'histoire naturelle de Carmagnola		2 232	2 389	1 828
	Grotte de dei Dossi				
	Grotte de Bossea		15 221	13 907	13 602
LIGURIE	Musée de la maison du parc de Sassola				
	Grotte de Toirano		100 000		
	Grotte de Borgio Verezzi		50 000		
LOMBARDIE	Muséum d'Histoire naturelle de Milan				350 000
	Musée la miniera de Desio				
	Grotte aux ours du Monte generoso			4 000	
	Musée géologique de Valmalenco à Chiesa				
	Parc géologique de Chiareggio				
	Musée et mine de Talc de Bagnada				
	Mines de Plomb de « Piani Resinelli »				9 000
	Grotte de Meraviglie				
	Muséum d'histoire naturelle de San Pellegrino				
	Musée minéralogique zorzone à Oltre il colle				
	Muséum d'histoire naturelle de Bergame			89 000	
	Musée et sentier du parc paléontologique de Cene				
	Museum d'histoire naturelle de Brescia				
	Mines de Schilpario				
	Parc des inscriptions rupestres à Capo di ponte				49 638
	Musée de l' Archeopark Boario terme				
TRENTIN HAUT-ADIGE	Musée de l'Archéoparc de Senales			27 000	
	Mine de Ridnau			42 000	
	Museum de Vipiteno				
	Mine de Prettau				
	Musée des minéraux Valle aurina				
	Musée des minéraux Val di Funes				

	Musée du ladinien de Saint Cassiano				
	Musée d'Archéologie de Bolzano		227 000		
	Musée paléontologique de Meltina				
	Musée des minéraux de Vigo				
	Canyon de Bletterbach				40 000
	Muséum d'histoire naturelle de Trente				
	Muséum d'histoire naturelle de Rovereto				
	Musée des fossiles de Brentonico				
VENETIE	Musée Rinaldo Zardini à Cortina di Ampezzo				
	Centre paléontologique de Bolca				40 000
	Grotte di Oliero	30 000			
FRIOUL	Musée géologique d'Ampezzo				
	Musée d'Ospedaletto				
	Grotte de Villanova				13 000
	Mines de Predil				6 000
SLOVENIE					
ALES JULIENNES	Museum of the Gornejsavska Region in Jesenice				
	Le musée des forges de fer à Radovljica				
	Muséum du château de Bled				
HAUTE-CARNIOLE	Educational Centre (RIS)				
	The St. Anna Mine				486
SAVINJSKA	Grotte de Pekel				13 500
BASSE STYRIE	Mine de lignite de Velenje				
	Mine de Plomb de Mezica				19 000
	Musée de Potočka zijalka à First				
SUISSE					
VAUD	Mines de Bex				65 000
VALAIS	Grotte des Fées				25 000
	Sentier et Gorges du Trient				4000
	Musée du Col du Grand St-Bernard				
	Musée des glaciers à Lourtier			400	
	Fondation Tissières				
	Musée de la spéléologie et du karst				2500
	Muséum d'histoire naturelle de Sion				6000
	Lac souterrain du saint-Léonard				100 000
	Mine de La lée à Zinal				
	Mines du Gondo				
	Musée du glacier d'Aletsch				
	Musée des mines de Binntal				
BERN	Musée des cristaux de Obergesteln			400	
	Gorges et cascades de Trümmelbach				
	Gletscherschlucht Rosenlaui				28 000
	Musée des cristaux de Obergesteln				
	Musée des cristaux de Guttanen				500
	Gorges de l'Aar				120 000
	Grotte de St-Béat				92 000
	Muséum d'histoire naturelle de Bern				123 350
FRIBOURG	Muséum d'histoire naturelle de Fribourg				42 864
TESSIN	Geopark Gole della Breggia				
	Muséum de Meride				10 000
	Museo di minerali i fossili de Semione				300
	Muséum d'histoire naturelle de Lugano				11 402
	Musée de Bellinzona				
GRISONS	Mine de plomb et argent de Davos			2 620	
	Mine et musée de Scuol			4 000	
	Musée d'Histoire naturelle de Chur				24 786

SARGANS	Musée de Gonzen			8 673	
	Mines de fer de Gonzen à Sargans			13 277	
	Musée d'Histoire naturelle de Amden			700	
	Musée des grottes de Drachenhohle à Vättis			284	
ST-GALLEN	La grotte de cristal de Kobellwamd				10 000
	Musée d'histoire naturelle de St-Gallen				26 000
GLARIS	Musée du géoparks de Elms				
	Mines d'ardoise de Elm				
SCHWYZ	Grotte de Muotothal				
	Musée de Goldau				2 569
	Natur and tierpark de Goldau				821 468
URI	Musée des cristaux de Seedorf				
	Grotte de Höll à Baar			42 000	40 000
LUCERNE	Jardin des glaciers de Lucerne				120 000
	Muséum d'histoire naturelle de Lucerne				52 058
ZURICH	Bergwerk Käpnach				
	Musée des mines de charbon				
	Musée national Suisse de Zurich			103 234	
	Musée de géologie et de minéralogie de l'ETH				
	Kulturama/musée de l'homme				18 325
	Musée de paléontologie de l'Université				6 500

Sources : Observatoire culturel du Piémont (http://www.ires.piemonte.it), service statistique autrichien (onglet Kultur) (http://www.statistik.at/), ICOMOS Suisse, Museo STAT 2007 (Enquête de la direction des musées de France), Bilan de fréquentation des 80 principaux sites et musées de l'Isère (CDT-Isère), Touriscope (Côte d'Azur), réponses aux questionnaires envoyés.

Liste des figures

Première partie : La lente reconnaissance du patrimoine géologique

- Liste des figures

Figure 1.1 : Valeurs accordées aux objets géologiques (D'après Reynard)
Figure 1.2. : Pierre à Dzo (illustration issue de J. de Charpentier, 1841)
Figure 1.3 : Evolution du statut et des valeurs associées aux blocs erratiques
Figure 1.4 : Les étapes de la patrimonialisation (François, 2006)
Figure 1.5 : Reconnaissance directe et indirecte de la géologie et de la géomorphologie à travers la Convention du Patrimoine Mondial (D'après Dingall, 2005)
Figure 1.6 : Sites naturels alpins inscrits au titre du critère viii du patrimoine mondial de l'UNESCO
Figure 1.7 : Logo Année Internationale de la Terre
Figure 1.8 : Affiche de l'exposition et façade de la grande galerie du Muséum national d'Histoire naturelle de Paris
Figure 1.9 : Evolution du soutien du financement européen à la progression du réseau « European Geoparks ».
Figure 1.10 : Progression du Nombre de géoparcs en Europe
Figure 1.11 : Répartition des géoparks (source : Europeangeoparks.org)
Figure 1.12 : Répartition des quatre géoparcs alpins
Figure 1.13 : Les carrières de Oberkassel en 1886 (Source : VVS- Verschönerungsverein für das Siebengebirge)
Figure 1.14 : Coupe géologique de Weilberg (source GeoBonn)
Figure 1.15 : Administration de l'environnement en Allemagne
Figure 1.16 : Projet retenu : Landau et Kindelbacher (Munich)
Figure 1.17 : Muséographie : holzerkobler
Figure 1.18 : Répartition des géoparcs allemands (source Geo_Union 2008)
Figure 1.19 : Présentation des 100 plus beaux géotopes de Bavière (source : http://www.lfu.bayern.de)
Figure 1.20 : Page Geoexkursionen du site du service géologique autrichien
Figure 1.21 : plaque commémorative
Figure 1.22 : Sources du Lison (carte postale 1942)
Figure 1.23 : Réseau des acteurs français œuvrant pour le patrimoine géologique
Figure 1.24 : Carte de répartition des acteurs du réseau « Parchi geominerari »
Figure 1.25 : Le cadastre des grottes de la région Frioul, Vénétie, Julienne (http://www.catastogrotte.it)
Figure 1.27 : Liste des géosites proposés sur le site internet du service géologique régional (source :http://www.protezionecivile.tn.it/geologico/pages/Geositi/mapview/index.html)
Figure 1.28 : Organisation politique de la protection de l'environnement en Suisse

- Liste des tableaux

Tableau 1.1 : Répartition des sites du Patrimoine Mondial par thème (*source :* whc.unesco.org)
Tableau 1.2 : Etat de l'inventaire des géotopes en Allemagne en 1994 (Röhling et al, 2004)
Tableau 1.3 : Nature et surfaces occupées par les espaces protégés dans le Land de Bavière (lfu-2007)
Tableau 1.4 : Liste des monuments naturels géologiques du Land de Bavière
Tableau 1.5 : Répartition par types de protection (données Déc. 2006) source : Umweltbundesamt
Tableau 1.6 : Tableau d'analyse statistique de l'inventaire du patrimoine géologique italien (Source ISPRA – en gras, régions des Alpes italiennes.)
Tableau 1.7 : Répartition typologique des patrimoines naturels (Source : Hlad, 2009)
Tableau 1.8 : Tableau comparatif de l'état des inventaires géologiques dans les différents pays de l'arc alpin.

- Liste des cartes

Carte 1.1 : Répartition des sites naturels protégés à thème géologiques dans las Alpes françaises
Carte 1.2 : Carte provisoire des géotopes d'importance nationale

Seconde partie : Panorama de l'offre géotouristique dans l'arc alpin

- Liste des figures

Figure 2.1 : Positionnement du géotourisme par rapport à l'évolution de l'offre géotouristique
Figure 2.2 : Les différents ingrédients du géotourisme
Figure 2.3 : Aménagements du site des empreintes de dinosaures de Barkhausen
Figure 2.4 : Des géotopes aux géosites aménagés
Figure 2.5 : Sentier didactique sur le pastoralisme en Italie
Figure 2.6 : Randonnée fans la forêt du massacre avec l'audio-guide-GPS multimédia du PNR Haut-Jura

Figure 2.7 : Les différents stades du Géotourisme
Figure 2.8 : Die Tschingelhörner und das Martinsloch
Figure 2.9 : Coupe géologique du double-pli des Glaris dessinée par Albert Heim
Figure 2.10 : Le triangle du paysage appliqué à la grotte de l'Arveyron
Figure 2.11 : Le glacier Pasterze en 1830 (Thomas Ender)
Figure 2.12 : Franz Josef Hugi et son équipe de savants dans le Rottal, 1830 (Disteli Martin)
Figure 2.13 : Jardin des glaciers (Lucerne)
Figure 2.14 : Schéma structural des Alpes occidentales (source géol-alp)
Figure 2.15 : Répartition typologique de l'offre géotouristique dans les Alpes françaises (2009)
Figure 2.16. : Schéma structural et coupe stratigraphique du Sudalpin italien (Source : Agard et Lemoine, 2003)
Figure 2.17 : Répartition typologique de l'offre géotouristique dans les alpes italiennes (2009)
Figure 2.18 : Répartition typologique de l'offre géotouristique dans les Alpes suisses (2009)
Figure 2.19 : Répartition typologique de l'offre géotouristique dans les Alpes bavaroises (2009)
Figure 2.20 : Carte géologique simplifiée de l'Autriche
Figure 2.21 : Répartition typologique de l'offre géotouristique dans les Alpes autrichiennes (2009)
Figure 2.22 : Répartition typologique de l'offre géotouristique dans les Alpes slovènes (2009)
Figure 2.23
Figure 2.24 : Répartition de l'offre géotouristique par types de sites géotouristiques
Figure 2.25 : Evolution quantitative de l'offre de sentiers sur le thème des glaciers dans les Alpes
Figure 2.26 : Panneau de départ du sentier glaciaire de Lüsens (Autriche)
Figure 2.27 : Répartition des glaciers objets d'une valorisation par un sentier d'interprétation
Figure 2.28 : jeux d'acteurs à l'origine des sentiers glaciologiques
Figure 2.29 : Répartition des sentiers d'interprétation glaciaire en fonction de leur dénivelée
Figure 2.30 : Scénarios du futur appliqués à la vallée de Pontresina dans les Grisons (source : Max Maisch, Geografisches Institut, Universität Zürich)
Figure 2.31 : Cheminement pédagogique d'interprétation d'une niche d'arrachement (adapté du fascicule accompagnant le sentier de Zermatt)
Figure 2.32 : Histoire du glacier Obersulzbachkee vu à travers une coupe dendrochronologique
Figure 2.33 : Date de création des principaux muséums d'histoire naturelle des Alpes
Figure 2.34 : Mine d'Eisenerz
Figure 2.35 : Evolution du nombre de grottes touristiques dans les Alpes
Figure 2.36 : Les gorges de Breitachklamm et leur écomusée
Figure 2.37 : Carte de la fréquentation des sites géotouristiques commerciaux dans l'arc alpin

- Liste des tableaux

Tableau 2.1 : Adapté de Rohn-Brossard 2006, p.60
Tableau 2.2 : Evolution de la fréquentation touristique dans la vallée de Chamonix (inspiré de Pralong, 2006)
Tableau 2.3 : Tableau comparatif de l'offre géotourisme par pays en 2009
Tableau 2.4 : Comparaison de l'offre géotouristique par pays
Tableau 2.5 : Tableau comparatif des dépenses culturelles par habitants (source : abrégé des politiques et tendances culturelles en Europe (Conseil de l'Europe - 2008)
Tableau 2.6 : Mines géotouristique des Alpes et ressource naturelle exploitée

- Liste des cartes

Carte 2.1 : Répartition géographique de l'offre géotouristique dans les Alpes françaises (2009)
Carte 2.2 : Répartition géographique de l'offre géotouristique dans les alpes italiennes (2009)
Carte 2.3 : Carte géologique simplifiée de la Suisse adaptée du site de l'Université de Lausanne
Carte 2.4 : Répartition géographique de l'offre géotouristique dans les Alpes suisses (2009)
Carte 2.5 : Répartition géographique de l'offre géotouristique dans les Alpes bavaroises (2009)
Carte 2.6 : Répartition géographique de l'offre géotouristique dans les Alpes autrichiennes (2009)
Carte 2.7 : Répartition géographique de l'offre géotouristique dans les Alpes slovènes (2009)

Troisième partie : Itinéraires géotouristiques à la découverte de l'histoire géologique des Alpes

- Liste des figures

Figure 3.1 : Origine des différents éléments antéalpins des Alpes. (Raumer, 2003)
Figure 3.2 : Répartition des terres émergées au début de l'Ordovicien (- 490 Ma) (d'Après Von Raumer, 2002)
Figure 3.3 : Répartition stratigraphique des sites paléozoïques retenus
Figure 3.4 : La mine de chez Larze sur le Mont Chemin (source : fascicule d'interprétation du sentier)
Figure 3.5 : Entrée du Grand Filon
Figure 3.6 : Chevalement de la Motte d'Aveillans

Figure 3.7 : Musée des cristaux de Chamonix
Figure 3.8 : Tronc en «position de vie»
Figure 3.9 : Visite de la mine Giana
Figure 3.10 : Dôme du Môle Antonionelliana à Turin, en pierre de Luserne.
Figure 3.11 Une station du Géorama de Binntal
Figure 3.12 : le sentier du Wolayersee, un élément du futur géoparc des Alpes carniques
Figure 3.13 : Schwazer Bergbuch – 1556
Figure 3.14 : Itinéraire géotouristique au cœur du canyon de Bletterbach
Figure 3.15 : Borne de présentation de l'échelle stratigraphique à l'entrée des gorges
Figure 3.16 : Reconstitution paléogéographique du Trias alpin (Croquis sans échelle, Delecat, 2005)
Figure 3.17 : Répartition stratigraphique des sites triasiques retenus
Figure 3.18 : sites touristiques liés à l'exploitation du sel dans les Alpes
Figure 3.19: Colonne stratigraphique du Monte San Giorgio
Figure 3.20 : Salle d'exposition du musée de Meride
Figure 3.21 : Empreintes de pas et reconstitution d'une ichnoespèce Prototrisauropus sp.
Figure 3.22 : Le complexe minier de Bad Bleiberg (source : Antonin Schacht)
Figure 3.23 : Le massif du Latemar en Hiver
Figure 3.24 : Le « Point de vue géologique » - Tessin / Suisse (source : Cardada.ch)
Figure 3.25 : Reconstitution paléogéographique de l'océan liguro-piémontais (Marthaler, 2001)
Figure 3.26 : Répartition stratigraphique jurassiques des sites retenus
Figure 3.27 : Aménagement du site de l'Ichtyosaure
Figure 3.28 : aménagement du site des Lavini di Marco
Figure 3.29 : Le calcaire de Moltrasio
Figure 3.30 : Reconstitution Paléogéographique du bassin de Lugano
Figure 3.31 : Le géosite du Chenaillet
Figure 3.32 : paléogéographie alpine au Crétacé (source Visage des Alpes)
Figure 3.33 : Façade de la Cathédrale de Salzbourg en marbre d'Untersberg
Figure 3.34 : Affleurement de Gams 1 (source : Kollmann 2009)
Figure 3.35 : Le monolithe au géocentre de GAMS
Figure 3.36 : Répartition stratigraphique des sites Cénozoïques retenus
Figure 3.37 : Panneau d'interprétation au musée du col de Lecques
Figure 3.38 : Canyon du Val Gargassa
Figure 3.39 : Fascicule d'interprétation du Sentier d'Escholzmat
Figure 3.40 : Panneau d'information conduisant au Lochsite
Figure 3.41 : Le panorama du Vélodrome et son panneau d'interprétation
Figure 3.42 : Sentier du karst à Choranche
Figure 3.43 : Eiszeit – Ersnt Hodel (1927)
Figure 3.44 : La roue du temps au centre d'interprétation de Mitersil
Figure 3.45 : Recul du glacier Pasterze au cours du XXe siècle
Figure 3.46 : Mégalodontidé
Figure 3.47 : Diorama : chasseur du paléolithique
Figure 3.48 : Entrée du musée de l'ours des cavernes et visite de groupe
Figure 3.49 : Le chemin d'accès et la grotte de l'ours du Monte Generoso
Figure 3.50 : Bloc de Nagelfluh dans le Tierpark de Goldau
Figure 3.51 : Site internet : le Géotourisme dans les Alpes (http://edytem.univ-savoie.fr/membres/cayla/geosite/index.php)
Figure 3.53 : Fiche correspondant au site géostoutistique de Scopriminiera dans le Piémont
Figure 3.54 : Interface d'accès à l'ensemble des sentiers sélectionnés
Figure 3.55 : Ecran de navigation sur Google Earth de la balade géologique à travers le Jurassique

- Liste des tableaux

Tableau 3.1 : Tableau comparatif des principales roches ornementales de la région (Photos tirées du site de l'Institut de la conservation et de la valorisation des bien culturels.)

- Liste des cartes

Carte 3.1 : Carte de la répartition des sites géotouristiques utilisés dans les itinéraires.
Carte 3.2 : Répartition géographique des sites paléozoïques retenus
Carte 3.3 : Répartition géographique des sites triasiques retenus
Carte 3.4 Répartition géographique des sites jurassiques retenus
Carte 3.5 : Répartition géographique des sites Cénozoïques retenus
Carte 3.6: Répartition géographique des sites quaternaires retenus

TABLE DES MATIERES

Résumé / Abstract

Remerciements

Sommaire 9

Introduction générale 13

Première Partie : La lente reconnaissance du patrimoine géologique

Introduction 19

Chapitre 1 : La construction des concepts de géodiversité et de géoconservation
1.1 Géotopes et géosites 23
1.2 La géodiversité 24
1.3 La géoconservation 26
1.4 Conclusion 26
Chapitre 2 : Evolution de la prise en compte du patrimoine géologique
2.1 A l'échelle internationale
2.1 .1 Le rôle de l'UNESCO 27
2.1.2 La mise en place du réseau mondial des géoparcs 31
2.1.3 L'Union Internationale des Sciences géologiques et l'organisation de l'Année Internationale de la Terre 34
2.2 A l'échelle européenne
2.2.1 Le travail du conseil de l'Europe 36
2.2.2 L'association PROGEO 37
2.2.3 Le programme Géoparcs européens 37
2.3 Les programmes à l'échelle de l'arc alpin
2.3.1 Le programme « Iron route » du programme INTERREG III B lié à l'espace alpin 41
2.3.2 Les programmes Interreg III A 41
2.4 Conclusion 42
Chapitre 3 : La reconnaissance du patrimoine géologique dans les différents pays de l'arc alpin. 44
3.1 L'Allemagne, un exemple reconnu 45
3.1.1 Histoire de la protection du patrimoine naturel
3.1.2 La progressive affirmation de l'importance du patrimoine géologique
3.1.2.1 Les premiers inventaires
3.1.2.2 La médiation de la géologie auprès du grand public
3.1.3 Statut du patrimoine géologique en Bavière, seul land alpin d'Allemagne
3.1.4 Bilan
3.2 L'Autriche et le rôle moteur du service géologique 53
3.2.1 Un réseau d'espaces naturels protégés qui fait une large place au géopatrimoine
3.2.2 Bilan
3.3 La France : des démarches institutionnelles impulsées par quelques parties prenantes 56
3.3.1 La lente intégration du patrimoine géologique dans la législation française
3.3.1.1 Les lois liées au classement des sites à un inventaire nationale
3.3.1.2 La création du réseau des espaces naturels protégés
3.3.1.3 La législation relative à certains espaces
3.3.1.4 Les protections liées aux paysages

3.3.2 La structuration d'un réseau d'acteurs autour du patrimoine géologique
3.3.3 La place du patrimoine géologique dans les Alpes françaises.
3.3.4 Bilan
3.4 L'Italie : la protection du patrimoine géologique au service du géotourisme 66
3.4.1 Une législation qui progressivement intègre les géosites
3.4.2 Le patrimoine géologique au carrefour de plusieurs attentes
3.4.3 Diversité des pratiques dans les différentes régions des Alpes italiennes.
3.4.3.1 Le Frioul-Vénétie- Julienne
3.4.3.2 La Ligurie
3.4.3.3 La Lombardie
3.4.3.4 Le Piémont
3.4.3.5 Le Trentin –Haut-Adige
3.4.3.6 Le Val d'Aoste
3.4.5.7 La Vénétie
3.4.4 Bilan
3.5 La Slovénie : un pays où domine avant tout le patrimoine karstique 75
3.5.1 Des lois mais une administration et des financements limités
3.5.2 Un patrimoine géologique où le karst domine
3.5.3 Bilan
3.6 La Suisse : des autorités fédérales réticentes à suivre la communauté scientifique 78
3.6.1 Une législation qui prend avant tout en compte les paysages
3.6.2 Le rôle fondamental de l'Académie Suisse des Sciences
3.6.3 Bilan
3.7 Conclusion 86
Conclusion 88

Seconde partie : Panorama de l'offre géotouristique dans l'arc alpin

Introduction 93

Chapitre 4 : Le géotourisme, à la découverte et au service du patrimoine géologique et de sa protection
4.1 Le géotourisme, une niche touristique à part entière
4.1.1 Définitions 95
4.1.2 Place du géotourisme par rapport aux autres formes de tourisme 97
4.1.2.1 Le géotourisme, une nouvelle déclinaison de l'écotourisme
4.1.2.2 Le géotourisme, une nouvelle déclinaison du tourisme culturel
4.2 Ingrédients du géotourisme 100
4.2.1 Le patrimoine géologique 101
4.2.2 Géoconservation et aménagement des sites géologiques 102
4.2.3 La mise en tourisme des objets géologiques 103
4.2.3.1 Les objets géotouristiques *in situ* : les géosites naturels et anthropiques
4.2.3.2 Les objets géotouristiques *ex situ* : la nébuleuse muséographique
4.2.3.3 Les médiateurs
4.2.3.4 Les publics cibles
4.3 Conclusion 119
Chapitre 5 : Du tourisme au géotourisme
5.1 Les naturalistes voyageurs à la conquête des Alpes 122
5.2 Naissance et évolution du tourisme alpin 126
5.3 Naissance du géotourisme dans les Alpes 129
5.4 Conclusion 131
Chapitre 6 : Inventaire de l'offre géotouristique au cœur de l'arc alpin 133
6.1 Dans les Alpes françaises, une répartition hétérogène, principalement centrée sur les sentiers et les musées 134
6.2 Au cœur des Alpes italiennes, une offre muséographique particulièrement riche 136

6.3 Dans les Alpes suisses, une répartition hétérogène qui distingue certains territoires 138
6.4 Dans les Alpes allemandes, une offre limitée mais qui attire un public nombreux 140
6.5 Dans les Alpes autrichiennes, une offre abondante qui met en valeur le patrimoine minier. 141
6.6 Dans les Alpes slovènes, un développement récent 143
6.7 Place relative des différents pays de l'arc alpin pour leur offre géotouristique 144
6.8 Conclusion 146
Chapitre 7 : Analyse comparée de l'offre géotouristique dans l'arc alpin
7.1 Analyse comparée de l'évolution de l'offre géotouristique par type de site géotouristique 148
7.2 Les sentiers d'interprétation sur le thème des glaciers : des outils de valorisation différenciée des glaciers et de leur territoire. 149
7.2.1 Panorama de la diversité de l'offre en matière de sentiers d'interprétation glaciologique
7.2.2 Objectifs poursuivis lors de la création d'un sentier à thème : jeux d'acteurs au cœur des territoires.
7.2.3 Analyse comparée de quelques caractéristiques de ces sentiers
7.3 La nébuleuse muséographique 158
7.4 La rapide expansion des mines et carrières touristiques dans les Alpes 159
7.5 Les grottes touristiques 163
7.6 Les gorges, du spectaculaire à l'approche géologique 165
7.7 Fréquentation des sites et retombées économiques pour les territoires 165
7.8 Conclusion 166
Conclusion 169

Troisième partie : Itinéraires géotouristiques à la découverte de l'histoire géologiques des Alpes

Introduction 173

Chapitre 8 : Une histoire paléozoïque racontée par une mosaïque de sites
8.1 Les principaux événements de l'évolution paléozoïque 176
8.2 Répartition spatio-temporelle des sites retenus 178
8.3 Le domaine externe 179
8.3.1 Les mines du Mont Chemin et leur sentier d'interprétation
8.3.2 La mine des Hurtières et le grand filon
8.3.3 Le bassin houiller de La Mure et la Mine Image
8.3.4 Les fours à quartz, richesse minérale des massifs cristallins
8.3.5 Récapitulation
8.4 Le domaine interne 186
8.4.1 Le houiller briançonnais
8.4.2 Les ressources minières et minérales du massif de Dora Maira
8.4.3 Les épidotes de l'Untersulzbachtal dans le massif des Hohe Tauern
8.4.4 Récapitulation
8.5 Le sud et l'austro alpin 191
8.5.1 Le paléozoïque des Alpes carniques
8.5.2 Les mines d'argent de Schwaz
8.5.3 Les roches ornementales de la région Verbano Cusio Ossola
8.5.4 Le canyon de Bletterbach
8.5.5 Les gorges de Dovžan
8.5.6 Récapitulation
8.6 Conclusion 197
Chapitre 9 : Le Trias, une période charnière de l'histoire alpine
9.1 Répartition spatio-temporelle des sites retenus 199
9.2 Le gisement d'argent des mines du Fournel 200

9.3 Les dépôts salifères 201
9.3.1 Les mines de Hallstatt
9.3.2 Les mines de Berchtesgaden
9.3.3 Les mines de Bex
9.4 Les gisements de reptiles du trias alpin 204
9.4.1 Le Monte San Giorgio, un site inscrit au patrimoine mondial
9.4.2 Les traces de reptiles du barrage du Vieux Emosson
9.4.3 Le Ptérosaure de Cene
9.5 Les gisements de Plomb et de Zinc de Mežica, Raibl et Bleiberg 207
9.6 A la découverte de la stratigraphie du Trias 209
9.7 Les Dolomites, site emblématique du trias alpin 211
9.8 Conclusion 212
Chapitre 10 : le Jurassique, ouverture de l'océan alpin
10.1 Répartition stratigraphique des sites retenus 213
10.2 Eléments de l'histoire jurassique de la marge européenne 215
10.1 Les gisements fossilifères de la réserve géologique de Haute-Provence
10.2 Les mines de fer de Gonzen
10.3 Eléments de l'histoire jurassique de la marge apulo-africaine 216
10.3.1 Le marbre d'Adnet
10.3.2 Les traces de Dinosaures des Lavini di Marco
10.3.3 Les gorges de la Breggia
10.3.4 Les marbres ornementaux d'Arzo
10.3.5 La mine d'huile minérale de Pertisau
10.3.6 Récapitulation
10.4 Les témoins de l'océan alpin 222
10.4.1 Le massif du Chenaillet
10.4.2 Les gisements miniers des méta-ophiolites du Piémont
10.5 Conclusion 224
Chapitre 11 : Le Crétacé, début de la subduction océanique
11.1 Les marbres de Untersberg 225
11.2 La région de Gams et le géoparc Eisenwurzen 226
11.3 Le Cervin et la subduction de l'océan piémontais 227
11.4 Conclusion 228
Chapitre 12 : Le Cénozoïque et l'édification des reliefs alpins
12.1 Répartition spatio-temporelle des sites retenus 230
12.2 A l'Eocène, des dépôts encore marins 231
12.2.1 Les minerais de fer du mont Grünten
12.2.2 Le gisement fossilifère du Monte Bolca
12.2.3 Les siréniens de Castellane
12.3 Le soulèvement de la chaîne et l'accélération des phénomènes érosifs 233
12.3.1 Le bassin tertiaire piémontais
12.3.2 La série des molasses suisses
12.4 Les chevauchements, plis et failles liés à la compression alpine 235
12.4.1 Du chevauchement des Glaris au Haut lieu tectonique suisse Sardona
12.4.2 Le panorama du vélodrome
12.5 Les premières phases du creusement des réseaux karstiques alpins 237
12.5.1 La grotte de Chroranche
12.5.2 Eisriesnwelt
12.5.3 Mine et karst du massif du Hochobir
12.6 Les dépôts de lignite Mio-Pliocène 239
12.6.1 La mine de lignite de Velenje
12.7 Conclusion 240
Chapitre 13 : Le Quaternaire, ère des glaciers alpins
13.1 Répartition spatio-temporelle des sites retenus 241
13.2 Le phénomène glaciaire, élément prépondérant de l'histoire quaternaire des Alpes 241
13.2.1 Des musées pour découvrir le monde des glaciers

13.2.2 Des sentiers d'interprétation
13.3 Le creusement des grands réseaux karstiques 244
13.3.1 La grotte de St-Béat
13.3.2 Les grottes du massif du Dachstein
13.4 Les premiers alpins 247
13.4.1 Terra Amata : les premières traces d'Homo Erectus dans les Alpes
13.4.2 De la grotte de Baume Bonne au Musée de la préhistoire des gorges du Verdon
13.4.3 Ötzi, un destin qui témoigne des fluctuations climatiques dans les Alpes
13.5 L'ours des cavernes 249
13.5.1 Le gisement de la Balme à Collomb
13.5.2 La grotte aux ours du Monte Generoso
13.6 Les Alpes, une terre aux risques naturels exacerbés 251
13.6.1 De l'écroulement du Rossbeg au Tierpark de Goldau
13.6.2 Les sentiers d'interprétation sur le thème des risques naturels
13.7 Conclusion 254
Chapitre 14 : Les nouvelles technologies au service de la mise en réseau des patrimoines géotouristiques
Conclusion 260

Conclusion générale 263

Bibliographie 268

Annexes 285

Annexe 1 : Inventaire de l'offre géotouristique dans les Alpes 287
Annexe 2 : Fréquentation des sites géotouristiques alpins à entrée payante 294
Annexe 3 : Liste des figures 299

Table des matières 303