



UNIL | Université de Lausanne

Institut de géographie

Les géosciences au service de la société

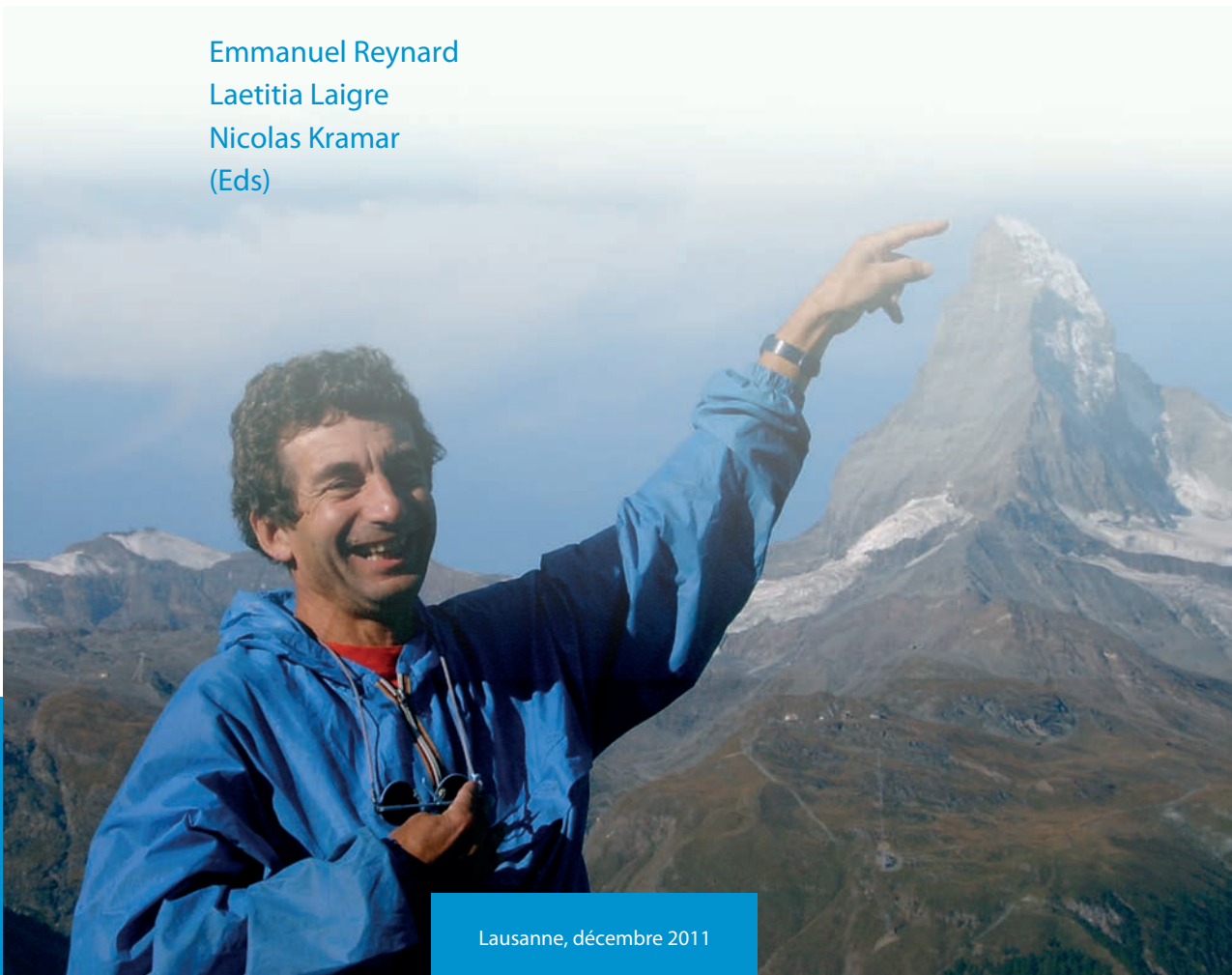
Actes du colloque organisé en l'honneur du Professeur Michel Marthaler
24-26 juin 2010, Lausanne

Emmanuel Reynard

Laetitia Laigre

Nicolas Kramar

(Eds)



Impressum

Coordinateurs de l'édition :

Emmanuel Reynard
Laetitia Laigre
Nicolas Kramar

Manière de citer cet ouvrage :

Reynard E., Laigre L. et Kramar N. (Eds) (2011). *Les géosciences au service de la société. Actes du colloque en l'honneur du Professeur Michel Marthaler*, 24-26 juin 2010, Lausanne (Géovisions n° 37). Institut de géographie, Université de Lausanne.

Directeur de la publication :

Christophe Lambiel

Photo page de couverture :

Michel Marthaler lors d'une excursion à Zermatt dans le cadre du séminaire de troisième cycle CUSO *Paysages géomorphologiques* en août 2003. Cliché : Nicolas Kramar.

Maquette, mise en page et graphisme :

Gaston Clivaz

Impression :

Swissprinters Lausanne SA
Chemin du Closel 5
CH-1020 Renens

Publié par :

Institut de géographie
Université de Lausanne
Anthropole
1015 Lausanne

<http://www.unil.ch/igul>

Publié avec le soutien de :

La Fondation Herbette de l'Université de Lausanne, la plate-forme Géosciences de l'Académie suisse des sciences naturelles (SCNAT) et l'Institut de géographie de l'Université de Lausanne (IGUL).

Table des matières

Introduction

Emmanuel Reynard, Laetitia Laigre, Nicolas Kramar V

Les Dolomites, site inscrit au Patrimoine mondial, et leur géomorphodiversité

Mario Panizza 11

Géosciences et projets de territoire : comparaison et conciliation de trois projets de géoparcs dans les Préalpes françaises du Nord

Fabien Hobléa, Nathalie Cayla, Anne Guyomard, Carine Peisser, Pierre Renau 21

Répartition et utilisation de la pierre ollaire dans la région d'Evolène, Valais

Hans-Rudolf Pfeifer, Olivier Favre, Pierre Kunz, Jacques Lanterno, Francis Anzévui, Gilbert Maître 37

Repérer des géomorphosites disparus : le cas de la plaine du Rhône valaisanne

Emmanuel Reynard, Laetitia Laigre, Benoît Maillard 55

La protection des géotopes et le géotourisme : des intérêts contradictoires ou une préoccupation commune ?

Heidi Megerle, Anja Beuter 75

Reconstitution des principaux stades glaciaires du Chablais : base scientifique pour la valorisation d'un patrimoine glaciaire régional

Amandine Perret, Emmanuel Reynard, Jean-Jacques Delannoy 91

Internet au service du patrimoine. Cartographie dynamique de l'inventaire des géotopes d'importance nationale

Simon Martin, Luca Ghiraldi 105

La Via GeoAlpina : itinérance géologique à travers les Alpes

Nathalie Cayla, Fabien Hobléa 119

Le Canigou n'est pas un volcan africain, mais comment le savoir ?

André Suchet 131

La médiation des géosciences comme expérience de décentration culturelle Nicolas Kramar.....	141
Les savoirs géologiques et la société : entre problématisation et <i>storytelling</i> Denise Orange Ravachol.....	151
La construction du concept de fossile, une étude comparée historique et scolaire Patricia Crépin-Obert.....	161
Un modèle pour expliquer la genèse des magmas : exemple de la fusion partielle dans une classe du secondaire Patricia Schneeberger, Marcelle Goix, Hervé Goix.....	169
Les sciences de la Terre dans l'enseignement secondaire français Pierre Savaton.....	179
Le patrimoine géologique en France : de l'inventaire au géotourisme Patrick De Wever, Annie Cornée, Grégoire Egoroff, Arnault Lalanne.....	191
Initiation à la géologie du massif du Jura Michel Campy, Vincent Bichet, Marie-Jeanne Roulière-Lambert, Coralie Bretin.....	205
Active geomorphosites and educational application: an itinerary along Trebbia River (Northern Apennines, Italy) Irene Bollati, Manuela Pelfini, Luisa Pellegrini, Alessandra Bazzi, Gabriele Duci.....	219
Les géosciences et les enfants de 3 à 6 ans : découvrir les cinq sens avec les pierres Daniel Thurre, Joëlle Vaval.....	235
Le géotope du Vieux Emosson (Finhaut, Valais, Suisse) Danielle Decrouez, Lionel Cavin.....	243
De l'Europe à l'Afrique : la traversée d'un prisme d'accrétion océanique Michel Marthaler, Nicolas Kramar.....	253

Introduction

Michel Marthaler, un passeur d'idées et un promoteur des géosciences auprès de la société

Michel Marthaler a pris sa retraite de professeur de géologie auprès de l'Institut de géographie de l'Université de Lausanne en été 2010. Passionné par la géologie et sa cartographie et ainsi que par la tectonique des plaques, il a formé des générations de jeunes géographes et géologues à la reconnaissance des roches et des minéraux, à l'étude des structures géologiques alpines et à leur lien avec la tectonique globale, ainsi qu'à la cartographie géologique sur le terrain. Doué d'un grand sens pédagogique doublé d'un formidable talent de conteur, il a su expliquer dans un langage toujours très accessible, en s'ancrant dans la réalité – un paysage de montagne, un affleurement rocheux ou un morceau de roche –, la complexité de la tectonique alpine et la dynamique des roches et des structures géologiques.

Durant toute sa carrière universitaire, il a toujours été soucieux de faire prendre conscience à son auditoire et à ses étudiants de la « profondeur spatio-temporelle » des paysages, qui « expriment de multiples façons, de la plus évidente à la plus mystérieuse, comment le temps et les mouvements de notre Terre sont inscrits dans l'espace » (Marthaler, 2004 : 52). Il a ainsi toujours mis au centre de son analyse géologique des paysages le concept de « mémoire de la Terre » (Marthaler, 2003), une approche magnifiquement illustrée dans son ouvrage *Le Cervin est-il africain ?*, devenu dès sa parution en 2001 un excellent ouvrage de médiation scientifique sur la tectonique alpine, traduit en plusieurs langues (Marthaler, 2001). Il a **développé l'application du principe d'actualisme dans le domaine de la communication des géosciences**, tissant les liens entre la « **mémoire de la Terre** » et les **processus environnementaux** se produisant aujourd'hui sur notre planète. Il a également été un grand promoteur du modèle conceptuel des trois histoires – des roches, des plis et des formes –, un **modèle simple, permettant de lire et de raconter (un terme souvent utilisé par Michel Marthaler) la longue histoire des paysages alpins**. Ce modèle, introduit en 2000 par l'un de ses collaborateurs, Nicolas Kramar, pour des formations d'introduction aux géosciences (Kramar, 2003 ; Kramar, 2005), a depuis été appliqué dans de multiples travaux d'étudiants (par ex. Pralong, 2001 ; Summermatter, 2002 ; Seymour, 2008 ; Von Ballmoos, 2008) et à des actions de formation ou de mise en valeur de sites naturels.

Michel Marthaler a partagé son temps entre l'enseignement et la recherche universitaire d'un côté et la cartographie géologique de l'autre. Il a notamment participé ou été l'auteur des cartes géologiques officielles Vissoie, Evolène et Rarogne, faisant ainsi progresser la connaissance de base sur la géologie locale du Valais, une connaissance essentielle dans toute une série de domaines, allant de la construction d'infrastructures à la gestion des dangers naturels, en passant par l'exploitation des ressources naturelles. La grande qualité de son travail de terrain lui a permis au début des années 1980, de dater l'unité des **Schistes Lustrés (Marthaler, 1981)**, une découverte qui a eu de profondes répercussions sur toute la géologie alpine. Au cours des

vingt dernières années, il s'est également fortement impliqué dans la formation continue pour des publics non avertis, que ce soit la formation des accompagnateurs de moyenne montagne, la formation des guides du patrimoine ou, plus récemment, les collaborations avec les projets de géoparc du val de Bagnes ou du Chablais. Ce triple ancrage, universitaire, dans la pratique et en contact avec le grand public, fait de Michel Marthaler un véritable passeur d'idées entre les géosciences et la société.

C'est ce qui a motivé la mise sur pied, du 24 au 26 juin 2010, d'un colloque intitulé *Les géosciences au service de la société* à l'occasion de son départ à la retraite. Organisé par l'Institut de géographie de l'Université de Lausanne, en collaboration avec le Musée cantonal de géologie de Lausanne, le Laboratoire EDYTEM de l'Université de Savoie et la Faculté des géosciences et de l'environnement de l'Université de Lausanne (FGSE), et avec le soutien de la Fondation Herbette de l'Université de Lausanne, de la FGSE, de la plate-forme Géosciences de l'Académie suisse des sciences naturelles et du Groupe de travail sur les géomorphosites, de l'Association internationale des géomorphologues, le colloque a réuni une centaine de participants autour d'un programme scientifique organisé en trois temps forts.

Le 24 juin 2010, la session d'ouverture, tenue dans l'aula du Palais de Rumine a permis d'écouter six conférences touchant aux trois pôles d'activité scientifique de Michel Marthaler :

- la cartographie géologique et la géologie orientée vers la pratique, avec les interventions de deux de ses collaborateurs de longue date, le Dr Yves Gouffon, du Service géologique national, et le Dr. Mario Sartori, de l'Université de Genève ;
- la détection du patrimoine géologique et la médiation scientifique, avec les communications du Prof. Patrick De Wever, du Muséum national d'histoire naturelle de Paris, et du Prof. Jacques Malavieille, Directeur de recherche au CNRS de Montpellier ;
- le géotourisme et la valorisation du patrimoine géologique, avec les interventions de la Prof. Heidi Megerle, de la Hochschule für Forstwirtschaft de Rottenburg, et du Dr Jean-Pierre Pralong, de Nyon Région Tourisme.

La journée du 25 juin 2010 a été ouverte par le Prof. Mario Panizza, de l'Université de Modena et Reggio Emilia, ancien président de l'Association internationale des géomorphologues et président de l'association italienne *Geologia e turismo*, et a permis d'échanger des réflexions et expériences autour de trois thématiques principales – la gestion des géopatrimoines, la didactique des géosciences, le géotourisme et la médiation scientifique – sous la forme de 17 communications orales et 14 posters scientifiques.

La dernière journée, guidée par Michel Marthaler et ses collègues Nicolas Kramar et Micha Schlup, a amené les participants du colloque dans le val d'Anniviers, l'un des « terrains de jeu » de Michel Marthaler au cours de sa carrière.

Le présent ouvrage regroupe vingt contributions proposées par les participants du colloque. Elles ont été regroupées en quatre sections principales. La première s'intéresse à la notion de **patrimoine géologique**. Ce dernier peut être défini comme l'ensemble des composantes géologiques (minéraux, roches, déformations, formes) qui présentent un intérêt pour la société, comme ressources matérielles ou immatérielles. En ce sens, le patrimoine géologique constitue la base pour toute action de valorisation ou de médiation scientifique. Cette section regroupe quatre contributions. Mario Panizza présente la géo(morpho)diversité des Dolomites qui a constitué la base scientifique pour l'inscription du massif sur la prestigieuse liste du Patrimoine mondial en 2009. Fabien Hobléa et ses collègues montrent quels ont été les enjeux permettant de profiler trois territoires de montagne (le Chablais, les Bauges et le Vercors) dans la préparation d'une triple candidature à l'inscription dans le Réseau européen des géoparcs, une action qui s'est traduite par l'acceptation, en septembre 2011, du Parc naturel des Bauges comme géoparc européen, et très certainement de celle du Chablais en 2012. Hans-Rudolf Pfeifer et ses collègues synthétisent une vingtaine d'années de recherche sur la pierre ollaire du val d'Hérens. Il ressort de cette contribution que la pierre ollaire constitue bien plus qu'une ressource géologique mais qu'elle revêt une valeur patrimoniale et culturelle plus large étant donné le rôle qu'elle a joué et continue de jouer dans la société de cette vallée alpine. Finalement, Emmanuel Reynard, Laetitia Laigre et Benoît Maillard s'interrogent sur la notion de géopatrimoines disparus, en étudiant l'exemple des formes fluviales et éoliennes de la vallée du Rhône valaisan. Ils montrent que la combinaison de plusieurs méthodes de type naturaliste et historique permet d'appréhender et de détecter ce patrimoine caché.

La deuxième section regroupe cinq contributions autour du thème du **géotourisme** et de la **valorisation géotouristique**. Heidi Megerle et Anja Beuter discutent de l'enjeu de la conciliation parfois difficile des objectifs de protection du patrimoine géologique et de la valorisation touristique des sites. Dans un autre registre, Amandine Perret, Emmanuel Reynard et Jean-Jacques Delannoy montrent, en prenant l'exemple du patrimoine glaciaire du Chablais, toute l'importance de la recherche scientifique de base avant tout projet de valorisation touristique ou de médiation scientifique. Les deux contributions suivantes présentent des actions concrètes de valorisation géotouristique. Simon Martin et Luca Ghiraldi proposent un outil de visualisation cartographique interactive des résultats de l'inventaire des géotopes suisses, tandis que Nathalie Cayla et Fabien Hobléa décrivent les enjeux de médiation scientifique dans la mise en œuvre d'un itinéraire géologique de grande ampleur, la Via GeoAlpina. Paraphrasant le titre phare de Michel Marthaler, dans son texte *Le Canigou n'est pas un volcan africain...*, André Suchet montre quant à lui un exemple de mauvaise valorisation didactique en milieu touristique.

Dans la troisième partie sont réunies cinq contributions relatives à la problématique de la **médiation géoscientifique**. Les quatre premiers textes ont un caractère plutôt conceptuel et analytique. Nicolas Kramar propose une réflexion sur les relations entre science et culture dans les actions de communication scientifique. Dans la même veine, le texte de Denise Orange Ravachol, se basant sur une observation des mécanismes d'acquisition des connaissances sur le processus d'orogénèse à deux niveaux

scolaires (collège, lycée), s'interroge sur les difficultés de mise en œuvre du concept d'actualisme. Patricia Crépin-Obert analyse quant à elle les obstacles à la compréhension des concepts clés des géosciences en étudiant les difficultés d'assimilation de la notion de fossile à travers une comparaison entre la pensée préscientifique (XVIII^e siècle) et la didactique actuelle en milieu scolaire. Patricia Schneeberger et Marcelle et Hervé Goix analysent les processus de compréhension par les élèves d'un autre processus géologique important : la genèse des magmas. Les trois auteurs mettent en évidence les difficultés rencontrées par les élèves et proposent des moyens didactiques adéquats permettant de surmonter ces difficultés. La dernière contribution de cette section, proposée par Pierre Savaton, a un caractère plus historique et retrace l'évolution de l'enseignement de la géologie dans le système éducatif français depuis la fin du XVIII^e siècle.

La dernière partie, intitulée **Actions sur le terrain**, propose six exemples de réalisations dans les domaines du géotourisme, de la valorisation des géopatrimoines et de la didactique des géosciences. Patrick De Wever et ses collègues présentent les différentes actions mise en œuvre en France dans le but d'inventorier et de valoriser le patrimoine géologique. A l'échelle régionale, Michel Campy et ses collègues, ont entrepris un vaste programme de valorisation de la géologie régionale du Jura, organisé autour de l'ouvrage *Montagnes du Jura. Géologie et paysages* et d'une série d'actions (conférences, visites guidées, expositions) qui ont permis, en quelques années, de vulgariser et faire connaître à un large public indigène les caractéristiques de la géologie jurassienne et son importance dans l'histoire des géosciences. Irene Bollati et ses co-auteurs démontrent à partir d'une expérience didactique menée en Emilie Romagne l'intérêt de l'enseignement de terrain en milieu scolaire et d'un enseignement ciblé sur les caractéristiques géologiques régionales. Les collaborateurs du Muséum d'histoire naturelle de la Ville de Genève présentent quant à eux deux expériences originales, dans les locaux du musée et sur le terrain. Daniel Thurre et Joëlle Vaval décrivent les expériences menées avec un public pré-scolaire et les enjeux didactiques y-relatifs, alors que Danielle Decrouez et Lionel Cavin reportent les actions de mise en valeur in-situ du géotope du Vieux-Emosson. Ils démontrent comment un site phare – les traces de dinosaures du Vieux-Emosson – peut constituer un « produit d'appel » pour une médiation scientifique plus large, portant sur l'histoire géodynamique régionale. La dernière contribution, par Michel Marthaler et Nicolas Kramar, constitue à la fois un compte-rendu de l'excursion organisée dans le cadre du colloque et un exemple de valorisation didactique sur le terrain, une activité chère à Michel Marthaler.

Ces différents textes, par leur diversité thématique et méthodologique, démontrent bien l'importance qu'a pris le champ multiforme des géopatrimoines, de la géodidactique et du géotourisme au cours des deux dernières décennies. Sans nul doute, Michel Marthaler, par son enseignement et son activité scientifique, a contribué au développement de ce nouveau champ scientifique et au rayonnement de l'Université de Lausanne dans ce cadre.

Lausanne, décembre 2011

Emmanuel Reynard, Laetitia Laigre, Nicolas Kramar

Bibliographie

- Kramar N. (2003). Le cycle orogénique comme outil didactique. *Actes du colloque Quartz sur l'enseignement et la vulgarisation des Sciences de la Terre (Quartz)*. Nice.
- Kramar N. (2005). Enjeux didactiques et épistémiques liés à l'utilisation d'un modèle historique en Sciences de la Terre. In Giordan A., Martinand J.-L., Raichvarg D. (eds.). *XXVIIe Journées Internationales sur la communication, l'éducation et la culture scientifique et industrielle*, Cachan, LIREST.
- Marthaler M. (1981). Découvertes de foraminifères planctoniques dans les « Schistes lustrés » de la Pointe de Tourtemagne (Valais). *Bulletin de géologie (Lausanne)*, 254.
- Marthaler M. (2001). *Le Cervin est-il africain ? Une histoire géologique entre les Alpes et notre planète*. Lausanne, Editions LEP.
- Marthaler M. (2003). La mémoire de la Terre cachée derrière les panoramas. In Reynard E., Holzmann C., Guex D., Summermatter N. (eds). *Géomorphologie et tourisme*, Lausanne, Institut de géographie (Travaux et recherches n° 24), 105-114.
- Marthaler M. (2004). Lecture et analyse d'un paysage : Zermatt et le Cervin. Un exemple de la mémoire de la Terre révélé par les panoramas. In Reynard E., Pralong J.-P. (eds). *Paysages géomorphologiques*, Lausanne, Institut de géographie (Travaux et recherches n° 27), 51-66.
- Pralong J.-P. (2001). *Des Muverans à la Dent Blanche : parcours dans les mers et les océans de nos montagnes*. Université de Lausanne, Institut de géographie, Mémoire de licence.
- Seymour C. (2008). *Compréhension d'un paysage entre feu, terre et mer. Exemple du Pic du Midi d'Ossau (Pyrénées Atlantiques)*. Université de Lausanne, Institut de géographie, Mémoire de master.
- Summermatter N. (2002). *La Combe de l'A : une plage de 240 millions d'années au milieu de nos montagnes !* Université de Lausanne, Institut de géographie, Mémoire de licence.
- Von Ballmoos J. (2008). *Le Chasseral. Un manuel de géo à ciel ouvert*. Université de Lausanne, Institut de géographie, Mémoire de licence.

Les Dolomites, site inscrit au Patrimoine mondial, et leur géomorphodiversité

Mario Panizza

Dipartimento di Scienze della Terra
Università di Modena e Reggio Emilia
Largo S. Eufemia 19
I – 41100 Modena

E-mail:
mario.panizza@unimore.it

In Reynard E., Laigre L. et Kramar N. (Eds) (2011). *Les géosciences au service de la société. Actes du colloque en l'honneur du Professeur Michel Marthaler*, 24-26 juin 2010, Lausanne (Géovisions n° 37). Institut de géographie, Université de Lausanne.

Introduction

Le 30 juin 2009, à l'occasion de la 33^{ème} session du Comité du patrimoine mondial de l'UNESCO organisée à Séville (Espagne) du 22 au 30 juin 2009, les Dolomites ont été déclarées Patrimoine mondial de l'Humanité et ont été inscrites sur la liste des biens naturels au titre des critères 7 (valeur esthétique et paysagère) et 8 (valeur géologique et géomorphologique). Les deux critères sont fortement liés et s'intègrent de manière particulièrement harmonieuse dans le cas des Dolomites. Le dossier de candidature a été préparé par Cesare Micheletti, pour la partie paysagère, Piero Gianolla, pour la partie géologique, et Mario Panizza, pour la partie géomorphologique (Gianolla et al., 2009). La décision finale a été prise à l'unanimité et de cette manière s'est terminé de la meilleure façon le long parcours de la candidature, initié officiellement en 2005, mais qui reprenait un travail commencé déjà au début des années 1990 par diverses associations environnementales nationales et locales.

Les Dolomites ont été inscrites comme bien naturel « en série », composé de neuf « systèmes » situés dans les provinces de Belluno, Bolzano, Pordenone, Trento et Udine. Ces neuf systèmes forment un ensemble organique de biens paysagers et géologiques d'une valeur esthétique et scientifique exceptionnelle. Ils se complètent pour documenter un massif montagneux extraordinaire, formé de paysages uniques et de roches et formes du relief qui permettent de retracer un très long intervalle de l'histoire de la Terre, ainsi que des processus géologiques et géomorphologiques de valeur mondiale.

Le paysage

Du point de vue paysager, les Dolomites présentent des vues exceptionnelles, à la fois monumentales, originales et spectaculaires. Les voyageurs du XIX^e siècle y reconnaissaient la quintessence du « paysage romantique » (Fig. 1) et encore maintenant, les Dolomites constituent une référence en matière de paysages d'une grande esthétique. Il vaut la peine de rappeler les peintres qui se sont inspirés de ces montagnes pour la réalisation de leurs œuvres, de Tiziano aux romantiques, en passant par les expressionnistes et les futuristes, jusqu'aux artistes contemporains. Les écrivains, les poètes, les musiciens se sont également inspirés de ces montagnes et y ont puisé des suggestions esthétiques. Pour ces différentes raisons, les Dolomites peuvent être considérées comme une référence mondiale en termes d'esthétique du « sublime » et, de cette manière, un jalon d'importance fondamentale pour la définition du concept de « beauté naturelle ».

Le tourisme de masse a toutefois provoqué de profondes transformations du paysage, tant par l'extension urbaine qui s'est développée à un rythme effréné, surtout entre 1955 et 1975, en raison de la construction de résidences secondaires, que par le développement d'un formidable réseau de remontées mécaniques. Les changements ont été encore plus importants au niveau social et économique, la majeure partie de la population active étant employée dans des activités liées, directement ou indirectement, au secteur touristique. Seules quelques rares activités artisanales et agricoles ont survécu. Il semble toutefois qu'un nouvel équilibre se dessine grâce à

une réglementation plus sévère de la construction et à une attention plus marquée aux problématiques environnementales.

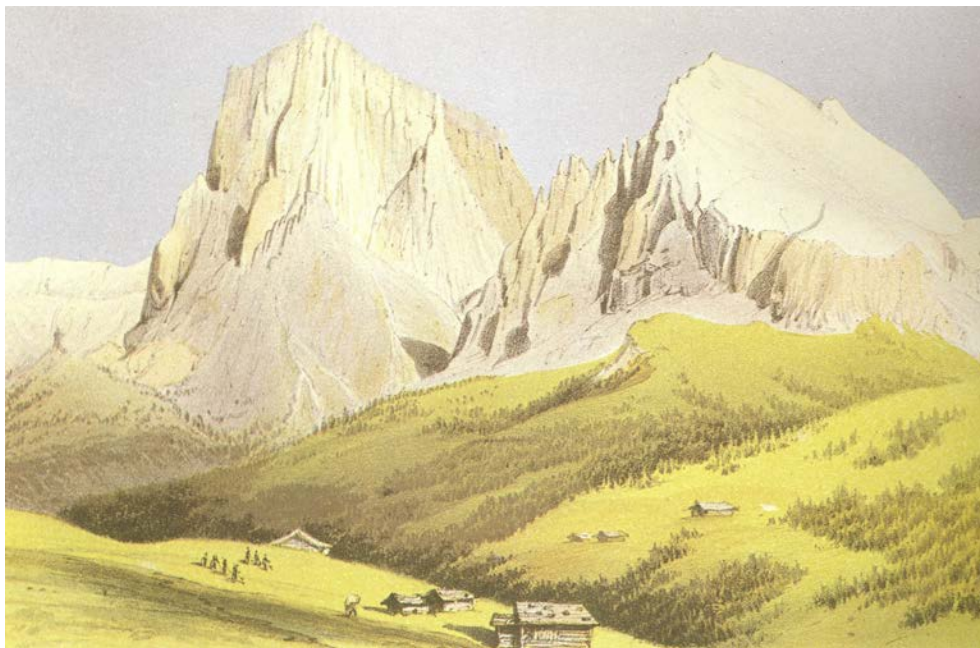


Fig. 1 : Le Sassolungo et le Sassopiatto (Val Gardena) sur un dessin de J. Gilbert (milieu du XIX^e siècle).

La géologie

L'importance géologique des Dolomites est liée au fait qu'elles représentent une grande partie de l'ère mésozoïque de manière extrêmement détaillée et continue, témoignant de l'ancienne mer tropicale qui régnait dans la région il y a 260 à 200 millions d'années (Fig. 2). En particulier, l'intervalle situé entre le Permien supérieur et la fin du Trias est parmi les mieux documentés au monde pour sa variété de roches et d'environnements sédimentaires. Il est ainsi possible de reconstituer la géohistoire de cette période comme un gigantesque livre de pierre permettant de cheminer sur des lagunes anciennes, de visiter des récifs coralliens, puis de descendre les anciens talus continentaux avant de rejoindre les fonds marins. La visite de ce massif constitue donc à la fois un voyage dans l'espace et dans le temps, comme le rappelle justement Michel Marthaler dans son article sur les panoramas du Cervin (2004).

L'histoire géologique des Dolomites remonte à la fin du Permien, lorsque le bassin de la Téthys s'ouvrait, dans une ambiance tropicale, entre les continents européen et africain. A partir du début du Trias (vers 250 millions d'années) et pour une durée d'environ 15 millions d'années, la profondeur de ce bassin a oscillé à de multiples reprises, provoquant l'émersion de certains secteurs et leur érosion. A partir de 235 millions d'années, l'approfondissement du bassin s'est accélérée : les organismes

constructeurs (algues, éponges, coraux, etc.), qui avaient leur habitat dans des environnements peu profonds, commencèrent à lutter pour leur survie, en édifiant des récifs orientés vers la surface, contrebalançant ainsi la tendance à la subsidence. Cette évolution a été perturbée par divers épisodes volcaniques sous-marins dont les émanations (laves, dépôts) provoquèrent l'extinction des coraux et la fermeture de certains bras de mer (Groupe de Wengen et, en partie, la Formation de San Cassiano). Vers 227 millions d'années, les conditions environnementales propices à la construction des récifs se stabilisèrent, permettant la formation de nouveaux récifs (Dolomia cassiana), séparés de bassins de sédimentation détritique (Formation de San Cassiano). Deux à trois millions d'années plus tard, la mer commença à se retirer et la région devint une vaste plaine côtière, avec dépôts de boues calcaires (Formation de Dürrenstein) et de matériaux détritiques (Formation de Travenanzes). Au Norien (223 millions d'années), la plaine côtière est à nouveau envahie par la mer, permettant une importante accumulation de sédiments carbonatés stratifiés (Dolomia principale). A la fin du Trias et au début du Jurassique, la région est totalement envahie par une mer peu profonde où se déposent des bancs calcaires (calcaires gris). A certains endroits sont présents également des restes de sédiments crétacés d'environnement marin peu profond (marnes du Puez).

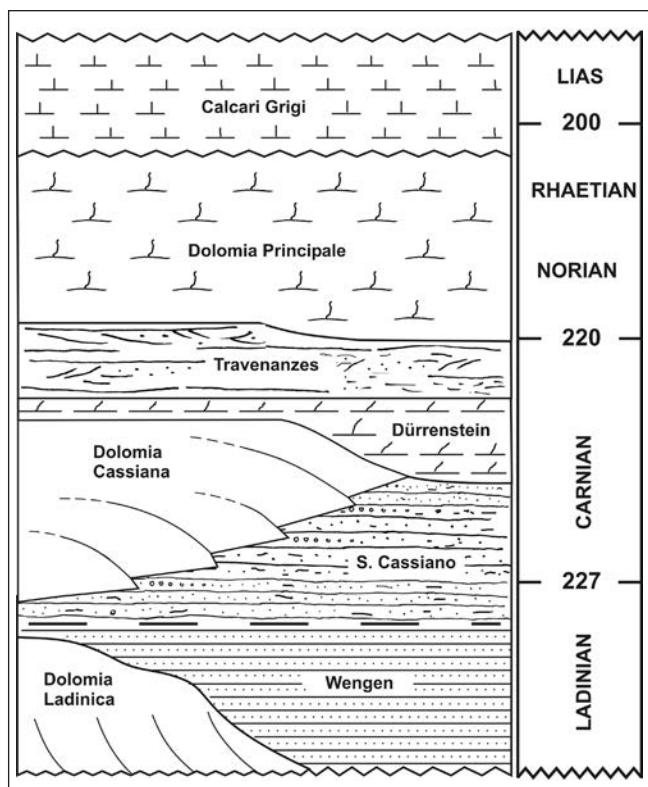


Fig. 2 : Colonne stratigraphique schématique de la formation du Trias moyen-supérieur qui constitue le principal affleurement des Dolomites. Les épaisseurs ne sont pas à l'échelle ; les nombres indiquent les millions d'années.

Dans les Dolomites, la documentation triasique de la Téthys atteint un niveau d'exhaustivité que l'on ne retrouve nulle part ailleurs. La faible déformation tectonique, les splendides affleurements et la possibilité de lire l'histoire géologique tant au niveau horizontal (dans l'espace) que vertical (dans le temps) en font un espace de référence au niveau mondial. En particulier, la lecture horizontale permet une extraordinaire expérience didactique : la succession des environnements documente pour certains étages toutes les associations de faciès, du continental au marin, des atolls aux bassins profonds (Gianolla et al., 2009).

La géomorphologie

Du point de vue géomorphologique, les Dolomites constituent un ensemble de divers systèmes montagneux qui, bien que déconnectés, présentent une grande unité. Ils contiennent un ample spectre de processus découlant autant de la structure géologique complexe que des conditions climatiques anciennes et actuelles : tours (Fig. 3), pinacles, escarpements calcaires et dolomitiques, dykes volcaniques, pentes douces sur les terrains argileux, dépôts et cônes d'éboulis, glissements de terrain, lacs, gorges, bassins torrentiels, etc.

Une clé de lecture originale de la valeur géomorphologique a été proposée par le concept de « géomorphodiversité » (Panizza, 2009b). Il s'agit d'une évaluation critique des caractéristiques géomorphologiques d'un territoire, en les considérant tant au niveau *extrinsèque* (par rapport à d'autres territoires), qu'*intrinsèque* (dans le périmètre du territoire considéré), en prenant en compte leur qualité scientifique, l'échelle et le but de la recherche.

A l'échelle globale, la *géomorphodiversité extrinsèque* des Dolomites permet de les distinguer de toutes les autres montagnes du monde. Par rapport à d'autres chaînes de montagnes, les Dolomites présentent un haut degré de géomorphodiversité du point de vue morphostructural. Comparées avec d'autres montagnes carbonatées des Alpes qui portent le même nom, comme les Dolomites de Lienz ou de Salzburg (Autriche) ou les « Dolomites françaises » (Vercors, France), on peut conclure que les Dolomites italiennes surpassent toutes les autres pour la variété et l'exemplarité des formes structurales. On peut faire la même constatation si l'on compare les Dolomites italiennes avec d'autres plateformes carbonatées européennes ou des autres continents (par exemple, les Asturies (Espagne), Hydra (Grèce), Crimée (Ukraine), Pilot Mountains (Nevada, USA), Canning Basin (Australie) (Gianolla et al., 2009).

Plus particulièrement, il s'agit de massifs structuraux connectés et présentant des formes résultant de processus tectonique récents plus ou moins actifs (morphotectodynamique), tels que des escarpements et des lignes de faille, et des formes liées à des mouvements tectonique plus anciens et avec un rôle passif (morphotectostatique), tels que des versants structuraux, des vallées sur lignes de faille, des crêtes sectionnées par la fracturation, etc. La géomorphodiversité extrinsèque est également dépendante de la lithologie (morpholithologie), qui a permis le développement de formes impressionnantes, telles que les parfois subverticales surplombant des versants moins pentus, etc.

Ces formes se combinent avec d'autres qui témoignent d'une importante *géomorphodiversité intrinsèque*. Par leur variété et leur complexité, elles constituent, à l'échelle des Dolomites, un choix de cas didactiques et scientifique du plus grand intérêt. Il s'agit autant de formes découlant des conditions climatiques actuelles que de formes développées au cours des dernières époques géologiques (formes morphoclimatiques). Parmi ces dernières, on peut citer les témoins pré-glaciaires et inter-glaciaires, les formes d'érosion et d'accumulation glaciaires, telles que les roches moutonnées, les vallées suspendues ou encore les cirques glaciaires (Fig. 4), les dépôts glaciaires, les traces d'anciens sols gelés, les formes de « glacio-pression », etc. Les formes liées au climat actuel sont de type périglaciaire (tabliers et cônes d'éboulis, moraines de névé, glaciers rocheux, couloirs et cônes d'avalanches, etc.). Un exemple de cette haute géomorphodiversité intrinsèque est constitué par les mouvements de terrain, qui présentent toutes la gamme de formes reconnues par la littérature géologique ; les cas les plus spectaculaires sont repris systématiquement comme exemples dans la littérature scientifique internationale.



Fig. 3 : Gusela del Nuvolau, vue depuis le col Giau (près de Cortina d'Ampezzo). Cliché : M. Panizza.

L'évolution géomorphologique à laquelle nous assistons actuellement dépend de plusieurs causes : les caractéristiques des roches et leur discontinuité structurale, les conditions climatiques actuelles, les événements météorologiques plus ou moins intenses, ainsi que l'activité humaine. On constate également que les formes héritées conditionnent la dynamique des formes actuelles : des cascades se sont formées au débouché des vallées suspendues ; les moraines sont reprises par des processus d'érosion torrentielle ; la fusion du permafrost peut participer au déclenchement de mouvements de versant, liés à la gélifraction (dans les roches compétentes) ou à l'imbibation hydrique (dans les argiles, par exemple) ; la présence de terrasses réduit l'ac-

tivité géomorphologique, favorisant le développement des sols et de la végétation. Quant aux dépressions marécageuses et aux lacs d'origine glaciaire, ils constituent des lieux privilégiés pour étudier les successions stratigraphiques, parfois datables, grâce à la présence de niveaux organiques.



Fig. 4 : Petit lac de cirque de Lech de Boa (près de Corvara in Badia). A droite, un escarpement de faille à l'origine de la dépression, au centre le cirque modelé par les processus glaciaires et karstiques. Cliché : M. Panizza.

Certains écroulements sont survenus récemment : aux Cinque Torri (Fig. 5), dans la vallée de Gardena, ainsi que dans le val Badia et le val Fiscalina, à Odle, Tofane ou Pomagagnon (Panizza, 2009a). Ces écroulements se sont déclenchés à des altitudes supérieures à 2000 mètres, témoignant de la fonte du permafrost en raison de l'élévation des températures estivales et des phénomènes de regel hivernal. Dans les zones argileuses, les eaux de fonte ont pour effet de fluidifier la roche, provoquant le déclenchement ou la réactivation de glissements et de coulées de boue, comme par exemple dans les vallées Badia (Fig. 6), Boite ou Cordevole.



Fig. 5 : Le Cinque Torri (près du col Falzarego, Cortina d'Ampezzo), un massif concerné récemment (juin 2004) par des phénomènes d'écroulement. Cliché : M. Panizza.



Fig. 6 : Le glissement de Corvara in Badia, avec localisation des principaux instruments de mesure géotechniques utilisés pour en étudier l'évolution. Cliché : A. Corsini.

Conclusions

Pour conclure, nous citerons la recommandation de l'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN) à propos du premier essai de candidature des Dolomites à une inscription sur la liste du patrimoine mondial (avril 2007) : « *Refocus the Nomination around the aesthetic, geological and, in particular of the geomorphological value Dolomites* ». Dans l'évaluation du second essai, notamment en ce qui concerne le critère 7 (géologie et géomorphologie), on peut lire : « *The Dolomites are of international significance for geomorphology, as the classic site for the development of mountains in dolomitic limestone. The area presents a wide range of landforms related to erosion, tectonism and glaciation. The quantity and concentration of extremely varied limestone formations is extraordinary in a global context, including peaks, towers, pinnacles and some of the highest vertical rock walls in the world. [...] Taken together, the combination of geomorphological and geological values creates a property of global significance* ».

La valeur des Dolomites découle également du grand intérêt que ces montagnes ont suscité auprès de la communauté scientifique, depuis le XVIII^e siècle, avec les travaux pionniers en stratigraphie, minéralogie, sédimentologie, paléontologie et géomorphologie. Cet intérêt est illustré par l'énorme production scientifique relative aux Dolomites et par l'attrait que les Dolomites ont sur les chercheurs et les étudiants.

Parmi les 42 sites italiens inscrits sur la liste du patrimoine mondial, seuls deux sont à caractère naturel : les îles éoliennes et les Dolomites. Par ailleurs, l'inscription des Dolomites comme bien « en série » pourra constituer un modèle pour d'autres candidatures, y-compris transfrontalières.

Au final, on peut affirmer que les Dolomites constituent une sorte de « Laboratoire d'altitude en plein air » présentant un patrimoine géologique, géomorphologique et paysager de valeur mondiale, idéal pour la recherche et la formation des étudiants, en raison aussi de son accessibilité.

Bibliographie

- Gianolla P., Micheletti C., Panizza M. (2009). *Nomination of the Dolomites for inscription on the World Natural Heritage List UNESCO*. Belluno, 4 vol.
- Marthaler M. (2004). Lecture et analyse d'un paysage : Zermatt et le Cervin. Un exemple de la mémoire de la terre révélée par les panoramas. In Reynard E., Pralong J.-P. (eds). *Paysages géomorphologiques*. Lausanne, Institut de géographie, Travaux et recherches 27, 51-66.
- Panizza M. (2009a). Geomorphodiversity of the Dolomites and some remarks on recent rock falls. In Malet J.-P., Remaitre A., Bogaard T. (eds). *Landslides processes, from geomorphological mapping to dynamic modelling*. Strasbourg, CERG Editions, 343-345.
- Panizza M. (2009b). The geomorphodiversity of the Dolomites (Italy): a key of geoheritage assessment. *Geoheritage*, 1, 33-42.

Géosciences et projets de territoire : comparaison et conciliation de trois projets de géoparcs dans les Préalpes françaises du Nord.

Fabien Hobléa ¹
Nathalie Cayla ¹
Anne Guyomard ^{2,1}
Carine Peisser ³
Pierre Renau ^{1,3}

¹ Laboratoire Edytem
UMR CNRS - Université de Savoie
Pôle Montagne
F – 73376 Le Bourget du Lac Cedex

² SIAC, Square Voltaire
2 Rue des Allobroges - BP 33
F – 74201 Thonon-les-Bains Cedex
³ CalcEre, Montagny F – 73 340 Arith

E-mails:
fabien.hoblea@univ-savoie.fr
nathalie.cayla@univ-savoie.fr
a.guyomard@siac-chablais.fr
carine.peisser@lesaem.org
bauges@pays-ages.fr

Introduction

Avec la Réserve Géologique de Haute Provence et le Parc Naturel Régional du Lubéron, la France comptait en 2010 seulement deux territoires membres du réseau international des 77 géoparcs alors recensés dans le monde. Cela place l'Hexagone en queue de peloton des 24 pays concernés, loin derrière la Chine (24 géoparcs) ou même de proches voisins européens comparables, comme le Royaume Uni (8 unités), l'Italie (7) ou l'Allemagne (6). Ce faible nombre de géoparcs en France peut paraître paradoxal compte-tenu de l'exceptionnelle géodiversité concentrée sur ses 550 000 km² et du fait que la Réserve Géologique de Haute Provence constitue, en tant que membre-fondateur, l'un des principaux animateurs et coordinateurs du Réseau Européen des Géoparcs (Zouros, 2004).

Ce retard, qui pose en lui-même questions, pourrait cependant être en passe de se résorber rapidement si l'on en croit les nombreuses velléités de candidatures françaises annoncées depuis 2008. Au moins cinq projets sont recensés pour les seules Alpes du Nord, dont trois souhaitaient être déposés fin 2010 en espérant être ainsi labellisés « Géoparc européen » en 2011. Ces derniers sont tous trois géographiquement situés dans les Préalpes du Nord ; il s'agit d'une intercommunalité du Chablais (le SIAC) et des Parcs Naturels Régionaux du massif des Bauges et du Vercors. Finalement, seul le Chablais et les Bauges ont déposé leur candidature et seules les Bauges ont pour le moment été retenues comme Géoparc européen, lors de la conférence annuelle du réseau en septembre 2011. Le Chablais devrait intégrer pleinement le réseau en 2012, après avoir fourni des compléments administratifs.

Cette soudaine affluence pose à son tour questions : où chercher le déclic ? Quelles sont les motivations, les forces motrices, les enjeux qui orientent ces territoires vers la démarche géoparc ? Quel est le rôle des géoscientifiques dans l'impulsion et l'élaboration de ces projets ? Y a-t-il place pour tous, surtout lorsque les candidats sont spatialement proches comme dans les Alpes ?

Nous chercherons les éléments de réponse dans l'analyse comparative des trois projets de géoparcs préalpins, en commençant par présenter les candidats et les modalités de leur engagement dans la démarche, puis en examinant plus particulièrement les places et rôles des géoscientifiques dans ces projets, afin d'en tirer des enseignements de nature à alimenter au final une réflexion sur les stratégies gagnantes et conciliatrices pour des projets risquant de fait de se retrouver concurrents.

La démarche géoparc : un véritable projet de territoire

Un concept issu du terrain

Le concept de géoparc a été élaboré à la fin des années 1990 à l'initiative de quatre espaces protégés pour leur patrimoine géologique, fondateurs en 2000 du Réseau Européen des Géoparcs (« European Geoparks Network » ou EGN). Ce réseau s'est rapidement étoffé et élargi à la communauté mondiale avec la création en 2004 sous

l'égide de l'UNESCO du Réseau Mondial des Géoparcs (Global Geoparks Network). Celui-ci ne comptait pas moins de 77 membres en 2010, dont 42 géoparcs européens.

Dans l'esprit des fondateurs, un géoparc est un territoire bien délimité, reconnu pour son patrimoine géologique et son engagement en faveur de la protection et de la valorisation de ce patrimoine dans une démarche de développement économique et social durable (UNESCO, 2008). Pour être crédible et viable, cette démarche doit largement dépasser l'unique exigence de protection, synonyme de « mise sous cloche », et aller au delà des seules motivations et aspirations des géoscientifiques locaux. Elle doit ainsi concerner et impliquer le plus grand nombre possible d'activités et d'acteurs territoriaux, dont le grand public et les habitants. Elle doit donc générer un véritable projet de territoire à l'échelle de l'espace du géoparc. Posséder un patrimoine géologique remarquable est certes une condition nécessaire, mais pas suffisante si le territoire candidat à la labellisation comme géoparc ne démontre pas qu'il est capable de gérer et valoriser durablement ce patrimoine en tant que ressource territoriale.

De la disette à la pléthore : l'exception française

L'absence chronique jusqu'en 2010 de nouvelle candidature française déposée lors des campagnes annuelles de labellisation pose questions. Traduit-elle une méconnaissance ou un manque d'intérêt pour la démarche ? Révèle-t-elle aussi la faiblesse du tissu français en matière de territoires éligibles, c'est-à-dire déjà dédiés à la protection et à la valorisation de leur patrimoine géologique ?

Car pour obtenir le label « Global / European Geopark », il ne suffit pas de déclarer vouloir devenir un géoparc, mais il faut faire la preuve, au cours d'un exigeant et long processus d'expertise, que le candidat satisfait déjà à l'essentiel du cahier des charges et sera en mesure de combler rapidement ses lacunes éventuelles. De ce fait, la constitution du dossier de candidature ne prendra que quelques mois pour un territoire pouvant déjà se prévaloir d'une structure porteuse et d'actions pérennes significatives répondant aux attendus du label. En revanche, la gestation d'une démarche « géoparc » pourra prendre plusieurs années avant le dépôt de la candidature pour un territoire dont le patrimoine géologique n'avait jusqu'alors pas fait l'objet d'attention et d'actions de protection ou de valorisation particulières. L'engagement d'un territoire dans cette démarche, éminemment volontariste et politique, nécessite ainsi un consensus, une mobilisation et un investissement conséquents. Si la prise en compte de toutes ces dimensions n'est pas effective, le label, une fois obtenu, peut être retiré, comme ce fut le cas pour le territoire de l'astrobloème de Rochechouart-Chassenon. Ceci peut expliquer le retard français, qui pourrait cependant se résorber d'ici peu, à voir l'éclosion depuis 2008 des déclarations d'intérêt et d'intention de candidature à l'échelle de l'hexagone (Bretagne, Pyrénées, Massif Central et Alpes).

Les partisans du concept pourraient certes légitimement s'en réjouir, mais cette affluence soudaine ne va pas sans poser problème, ne serait-ce qu'en raison de l'existence d'un *numerus clausus* réglementaire selon lequel seuls deux dossiers par pays sont recevables par an. Ce qui rendait de fait les trois projets préalpins concurrents dans la perspective d'un dépôt de candidature fin 2010.

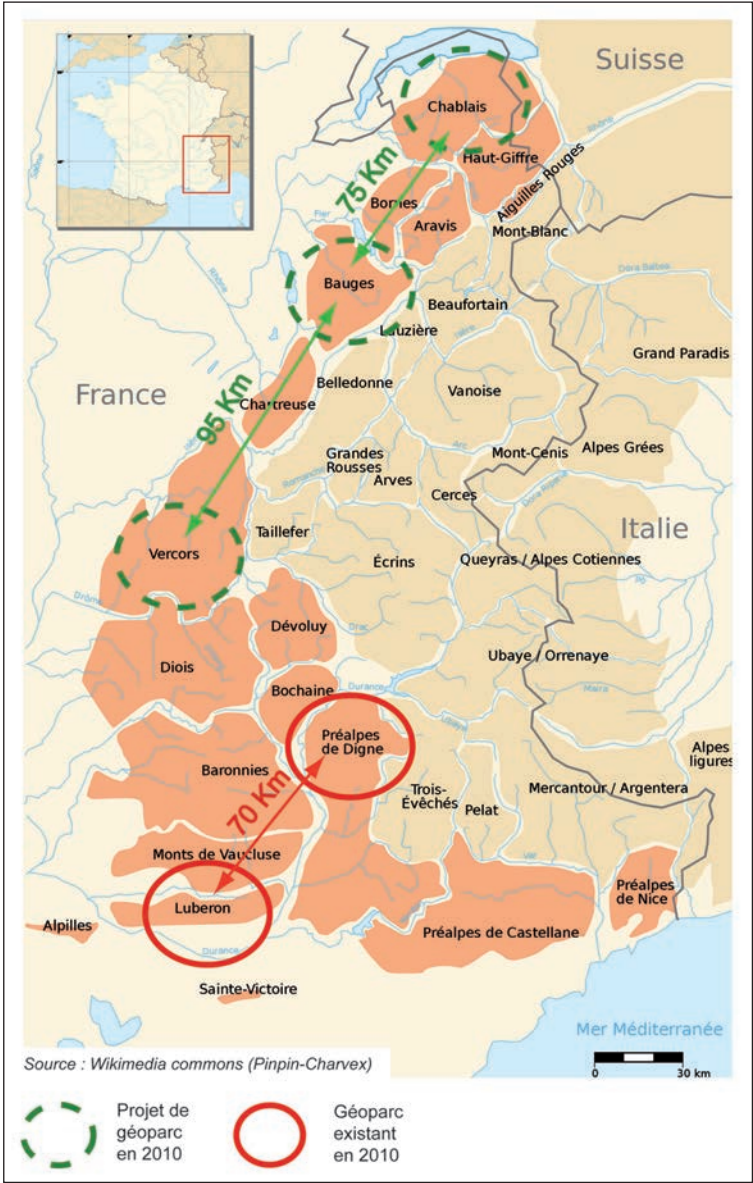


Fig. 1 : Localisation des trois candidatures préalpines au regard des deux géoparcs existants. Entre-temps, le projet du massif des Bauges a été accepté comme géoparc européen.

Trois projets concurrents ?

Des territoires de moyenne montagne aux nombreuses similitudes

Les trois projets concernent des territoires de la moyenne montagne préalpine, relativement proches les uns des autres, tant spatialement (Fig. 1) que par certaines de leurs caractéristiques qui les rendent similaires deux à deux, comme le montre le tableau 1, qui permet de comparer ces territoires entre eux et avec les deux géoparcs français existants.

Dénomination	Statut	Structure porteuse et date de création	Taille	Nombre de communes ; Départements et Régions concernés	Nombre d'habitants	Densité de population (hab/km²)
(Proposed) Chablais Geopark	Candidature déposée fin 2010. Intégration prévue en 2012.	SIAC (2003)	870 km²	62 communes Haute-Savoie ; Rhône-Alpes	123 000	141
Bauges Subalpine Geopark	Candidature déposée fin 2010. Accepté en septembre 2011.	Parc Naturel Régional du Massif des Bauges (1995)	856 km²	64 communes Savoie/Haute-Savoie ; Rhône-Alpes	61 000	71
?	Candidature annoncée pour fin 2010, mais repoussée.	Parc Naturel Régional du Vercors (1970)	2062 km²	85 communes Isère/Drôme ; Rhône-Alpes	46 000	22
Réserve Géologique de Haute-Provence	Membre fondateur du EGN, 2000.	Réserve Géologique de Haute-Provence (1984)	2300 km²	59 communes Alpes de Haute-Provence/Var ; Provence-Alpes-Côte d'Azur	36 000	16
Park (sic) Naturel Régional du Lubéron	Labellisé Geopark en 2004.	Parc Naturel Régional du Lubéron (1977)	1850 km²	77 communes Vaucluse/Alpes de Haute-Provence ; Provence-Alpes-Côte d'Azur	170 000	92

Tabl. 1 : Caractéristiques géographiques des géoparcs préalpins en projet et existants.

La figure et le tableau 1 amènent les commentaires suivants :

- les distances relativement faibles entre les trois territoires d'étude pourraient constituer un handicap au regard du Réseau des géoparcs européens ? Deux arguments incitent à répondre négativement : d'une part, il ne s'agit pas de territoires contigus et d'autre part les interdistances sont du même ordre que celle séparant les deux géoparcs français existants ;

- le Chablais et les Bauges présentent des superficies quasi identiques, dont on peut se demander si elles permettent à ces territoires d'atteindre la taille critique évoquée dans les éléments de définition d'un géoparc : « 1. A European Geopark is a territory which includes a particular geological heritage and a sustainable territorial development strategy supported by a European programme to promote development. It must have clearly defined boundaries and sufficient surface area for true territorial economic development. » (extrait de la charte des Géoparcs Européens, Lesvos, 5 juin 2000, <http://www.europeangeoparks.org>, consulté le 10/02/2011). Si les tailles de ces deux territoires semblent relativement faibles, comparées au Vercors et aux deux géoparcs français existants dont les superficies sont nettement supérieures, elles sont cependant suffisantes pour répondre à la définition ci-dessus, compte-tenu du fait que les limites correspondent à celles de territoires institutionnels organisés à des fins de développement local ;
- le critère de taille doit aussi être pondéré par la démographie (nombre d'habitants et densités). De ce point de vue, deux types de territoire se distinguent : les « déserts » ruraux de moyenne montagne en Bauges et Vercors (qui se rapprochent de la Réserve géologique de Haute-Provence) et des territoires plus densément peuplés, comprenant des unités urbaines notables et marqués par de fortes disparités internes. C'est le cas du Chablais (bande littorale lémanique fortement peuplée, avec Thonon et Evian, haut-pays nettement plus rural) et dans une moindre mesure du PNR du Lubéron ;
- en tant que Parcs Naturels Régionaux, les Bauges et le Vercors partent avec un avantage apparent : celui d'appartenir à la catégorie des espaces protégés, rodés à la valorisation de leurs patrimoines et immergés dans la problématique du développement durable. La structure porteuse du projet de géoparc du Chablais, de création plus récente (2003), est un syndicat intercommunal sans expérience dans ce domaine, qui a intégré en 2009 l'association initiatrice du projet de géoparc. C'est en revanche la seule des trois structures territoriales à avoir su mobiliser des financements européens (programmes Interreg et Leader 2007-2013) spécifiquement dédiés au projet de géoparc, lequel était, il est vrai, à monter de toutes pièces en partant de quasiment rien. Il était notamment nécessaire de recruter un chargé de mission dédié spécifiquement au projet, au contraire des parcs des Bauges et du Vercors qui ont la possibilité de s'appuyer sur du personnel déjà en place et des réalisations anciennes qu'ils « recyclent » et « relookent » aux côtés de nouvelles actions financées au coup par coup et à moindre coût.
- les contextes socio-économiques sont fortement similaires pour les Bauges et le Vercors, bastions montagnards cernés par des agglomérations importantes et soumis de ce fait à une pression périurbaine de plus en plus conséquente et préoccupante. Le territoire de projet du géoparc du Chablais englobe deux types d'espaces économiques contrastés, qui ont ici l'opportunité de se forger un destin commun fondé sur un dialogue constructif jusqu'à présent défaillant. Dans le cas du Chablais, le projet de géoparc est donc véritablement « territorialisant », alors que les deux PNR jouissent déjà d'une forte cohésion et sont solidement ancrés dans la maille territoriale régionale. La démarche « géoparc » est plus envisagée par ces derniers comme une action innovante de plus pour des territoires statutai-

rement tenus d'innover et d'expérimenter en permanence, action qui débouche sur un label international géré par l'UNESCO et donc très valorisant. Mais c'est aussi un label de plus à gérer pour des territoires déjà largement pourvus en marques de distinction qualitatives. Alors que le Chablais ne bénéficie jusqu'à présent d'aucune reconnaissance de ce niveau et compte uniquement sur le label « géoparc » pour passer de territoire banal à territoire distingué, ce même label surimposé au statut de Parc Naturel Régional ne risque-t-il pas, comme cela a été reproché au PNR du Lubéron, d'introduire de la confusion, un manque de lisibilité et finalement une certaine saturation vis à vis tant des habitants que des visiteurs des Bauges et du Vercors ? Quoi qu'il en soit, dans les trois territoires, la question de la solidarité entre haut-pays et piémont ou vallées encadrantes est au cœur de la démarche, ainsi que celle de la diversification des activités touristiques dans des espaces de moyenne altitude fortement concernés par les menaces que le réchauffement climatique fait peser sur la pratique des sports d'hiver en stations de ski.

Des contextes géologiques parents donnant des poncifs paysagers communs

Outre le respect des critères territoriaux examinés ci-dessus, devenir géoparc nécessite bien évidemment d'être riche d'un important patrimoine géologique décliné dans un certain nombre de sites géologiques d'importance particulière en termes de qualité scientifique, de rareté, d'attrait esthétique et de valeur éducative. (« *A European Geopark must comprise a certain number of geological sites of particular importance in terms of their scientific quality, rarity, aesthetic appeal or educational value.* » Extrait de la charte des Géoparcs Européens, Lesvos, 5 juin 2000, <http://www.europeangeoparks.org>, consulté le 10/02/2011). Chacun des trois candidats satisfait à ce critère, étant capable d'aligner dans son dossier de candidature plusieurs dizaines de géosites dignes d'intérêt et réputés au niveau national, voire international. Mais le problème provient ici du fait que ces objets patrimoniaux relèvent de contextes géologiques en apparence très proches et s'inscrivent de ce fait dans des paysages similaires (Fig. 2). Ceux-ci sont marqués par la présence des roches sédimentaires marines du Mésozoïque, disposées en succession de couches calcaires dures et karstifiées et de couches marneuses imperméables et plus tendres. La tectonique alpine appliquée sur cette structure sédimentaire s'est traduite dans les trois cas par la formation de reliefs plissés et faillés, tandis que l'érosion différentielle a exploité les contrastes de dureté lithologique pour donner des versants instables, couronnés de crêts calcaires abrupts dominant des talus marneux boisés ou couverts d'éboulis. Ces espaces ont connu des trajectoires morphogéniques communes, soumises notamment aux grandes glaciations quaternaires ayant laissé leur empreinte dans les modelés et paysages des Préalpes du Nord. Il en est de même pour la dynamique de peuplement préhistorique. Le danger est grand alors de voir apparaître des redondances entre les trois dossiers : géosites structuraux (synclinaux, failles, etc.), géosites karstiques (canyons, grottes, cascades de tufs, etc.), géosites d'origine glaciaire (moraines, auges et polis, lacs, etc.), géosites liés à la dynamique des versants (écroulements, glissements, torrents, etc.).

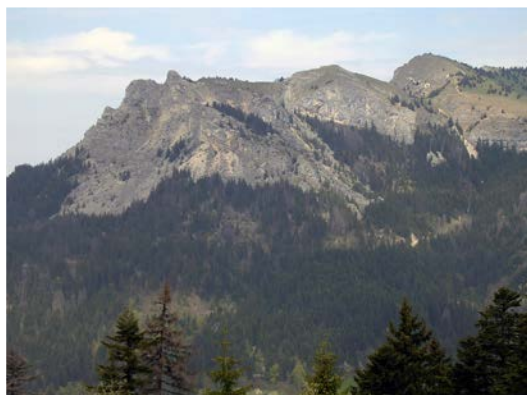
**Chablais****Bauges****Vercors**

Fig. 2 : Parenté des paysages géologiques des trois territoires candidats au label « géoparc ». Clichés : Fabien Hobléa.

La tentation du « chacun pour soi et que le meilleur gagne »

Les trois territoires préalpins candidats au label géoparc présentent donc à première vue de nombreuses similitudes, susceptibles de rendre leurs projets redondants, avec le risque d'une évaluation sélective et éliminatoire, surtout dans la perspective d'un nombre de dépôts de candidatures françaises supérieur à deux. Cette perspective a prévalu durant une bonne partie de l'année 2010, entraînant dans un premier temps une

tension palpable entre les candidatures préalpines. Perdant de vue la logique de réseau constitutive du label « Géoparc Européen » (« *A European Geopark must work within the European Geopark Network to further the network's construction and cohesion.* », Extrait de la charte des Géoparcs Européens, Lesvos, 5 juin 2000, <http://www.european-geoparks.org>, consulté le 10/02/2011), les trois protagonistes ont été tentés de se tourner le dos et de s'engager dans une course fratricide et sans doute également suicidaire, dans la mesure où l'absence de concertation entre ces trois dossiers voisins rejaillirait certainement de manière négative sur les trois candidatures aux yeux d'évaluateurs choisis parmi les membres du réseau des géoparcs. Si ce danger est très vite apparu aux yeux des techniciens et des géoscientifiques impliqués dans le montage des candidatures, il a fallu au contraire convaincre les élus, persuadés chacun de leur côté de la légitimité et de l'antériorité de leur projet et ne voyant plus dans le voisin qu'un rival menaçant l'issue de sa candidature. Ce travail de rapprochement s'est doublé d'un travail d'accommodage des projets, sur la base d'arguments géoscientifiques.

Des géoscientifiques fortement impliqués

Dans le démarrage et le pilotage des projets : accompagner le portage politique

La démarche « géoparc » doit être portée politiquement. Elle requiert l'adhésion des élus du territoire. L'idéal pour garantir son franc succès est qu'elle émane de la gouvernance territoriale. C'est le cas pour le Chablais et les Bauges, l'idée venant même du Président du Parc dans ce dernier cas. Pour le Vercors, ce sont deux personnalités scientifiques, dont les travaux géologiques sur le massif ont contribué à sa renommée, qui ont proposé de valoriser ces travaux au sein d'une Maison de la géologie, mise en lien avec des sites de terrain interprétés. L'idée a peu à peu cheminé vers un élargissement à la démarche « géoparc » qui, outre la nécessité de s'appuyer sur une maison thématique, a entraîné une réappropriation par la direction du Parc qui souhaite élargir également des contenus jusqu'alors essentiellement centrés sur la lithostratigraphie et la paléogéographie. Cette remise en question et les réflexions induites, intégrant l'état d'avancement des deux autres candidatures préalpines, expliquent que le dossier de candidature comme géoparc du Vercors n'a pas été finalisé pour l'échéance de dépôt de fin 2010.

Dans le Chablais, après des études préliminaires confiées à des stagiaires de l'Université de Savoie dès 2003 (Barlet & Gaudiot, 2003 ; Paccot, 2003), une chargée de mission a été embauchée en 2007 par la structure territoriale porteuse du projet pour passer à la phase opérationnelle. Le profil retenu a été celui d'une géologue ayant, via une récente thèse de doctorat sur l'aquifère des eaux d'Evian (Guyomard, 2006), acquis de solides connaissances de terrain et des compétences dans deux des thématiques clefs mises en évidence par les études de faisabilité (géologie structurale et hydrogéologie).

Dans les Bauges, le Président du Parc a communiqué sur son idée de géoparc à partir de 2008, avant de confier l'année suivante l'étude préliminaire à un stagiaire canadien de Master en géographie environnementale (Martin, 2011). Il a finalement

externalisé la rédaction du dossier en la confiant à une agence de médiation géoscientifique et d'animation géotouristique basée dans le massif et composée d'une géologue et d'un géomorphologue. Tant le Chablais (SIAC, 2010) que les Bauges (CalcEre, 2010) ont été en mesure de déposer leur dossier de candidature fin 2010, dans les délais impartis.

Dans ces deux cas, tout au long de l'élaboration des dossiers, les géoscientifiques concernés ont été associés à l'élaboration et à la validation des contenus, via un conseil scientifique du géoparc spécifiquement créé en Chablais et un comité de pilotage associant élus, techniciens et scientifiques dans les Bauges (le PNR du Massif des Bauges n'est pas encore doté d'un conseil scientifique, mais il en a créé un spécifique pour le projet de géoparc, courant 2011, après le dépôt du dossier de candidature). Dans le Vercors, en dehors des deux géologues à l'origine du projet, le reste de la communauté scientifique a été consulté de plus loin, plus tardivement et de manière plus informelle.

Ces exemples montrent qu'il est tentant mais risqué, pour un géoscientifique, de proposer un projet global clés en main fondé sur la seule valorisation de ses propres travaux. Un projet de géoparc ne peut se résumer à consacrer l'œuvre scientifique d'un éminent géologue en fin de carrière. L'expérience montre surtout que si un tel projet doit s'appuyer sur de tels travaux et personnalités, la maîtrise d'œuvre du dossier de candidature doit être dissociée de la production des savoirs sur lesquels reposeront les contenus, de façon à préserver le recul et l'objectivité indispensables à l'équilibre du projet. Les géoscientifiques concernés sont alors appelés à accompagner le portage du projet, avant tout politique, en étant force de proposition et de validation au sein d'instances de pilotage et de conseil.

Dans la détermination et la mise en œuvre des contenus : contribuer à la démarcation des projets

Dans le cas des trois projets de géoparc concomitants présentés ici, il s'est avéré déterminant de pouvoir recourir à des scientifiques spécialisés dans la thématique géopatrimoniale et travaillant sur le concept de géoparc et ses applications. Impliqués de manière étroite dans deux des trois projets (Chablais et Bauges) et plus succinctement dans celui du Vercors, il leur a été possible, grâce à une vue d'ensemble dont ne disposaient pas les acteurs locaux, d'œuvrer pour concilier les projets en démarquant leurs contenus.

C'est ainsi qu'une concertation a pu être mise en place, formalisée entre Bauges et Chablais (invitations réciproques de représentants des deux projets dans les réunions de pilotage), plus informelle entre Bauges et Vercors (échanges verbaux entre les directeurs de PNR). Cette concertation a permis de déterminer des thématiques phares complémentaires entre le Chablais et les Bauges, en jouant sur la différenciation et la spécification induites par le contexte géologique. En effet, si, du point de vue géographique, les trois massifs concernés appartiennent au Préalpes du Nord, du point de vue géologique, seul le Chablais a droit au qualificatif de « préalpin » qui désigne le domaine tectonique des nappes charriées depuis les zones intra-alpines, tandis que Bauges et Vercors appartiennent à la catégorie des massifs « subalpins », définis par

des couches sédimentaires plissées parautochtones du domaine dauphinois (Fig. 3). Si les deux massifs ont choisi de mettre en avant leurs structures tectoniques et leurs reliefs structuraux, ils pourront jouer sur leurs spécificités et différences respectives : le Chablais, reconnu comme site de référence mondiale pour les nappes de charriage, et le massif des Bauges mettant en avant sa dichotomie morpho-structurale opposant de manière spectaculaire les « Bauges-devant » (orientales) à relief plissé inverse et les Bauges-derrrière » (occidentales) à reliefs tabulaires dissymétriques conformes. Les deux massifs ont pu également s'entendre pour ne pas mettre en avant les mêmes thèmes et géotypes représentés sur les deux territoires : c'est ainsi que le karst, plus développé, mieux connu et déjà valorisé en Bauges, constitue, associé au thème de l'eau, l'autre fer de lance du dossier bauju. L'eau, plus parlante et accessible au grand public que les nappes de charriage, est quant à elle l'élément primordial du dossier chablaisien, mise cette fois en relation avec les héritages glaciaires (SIAC, 2010).

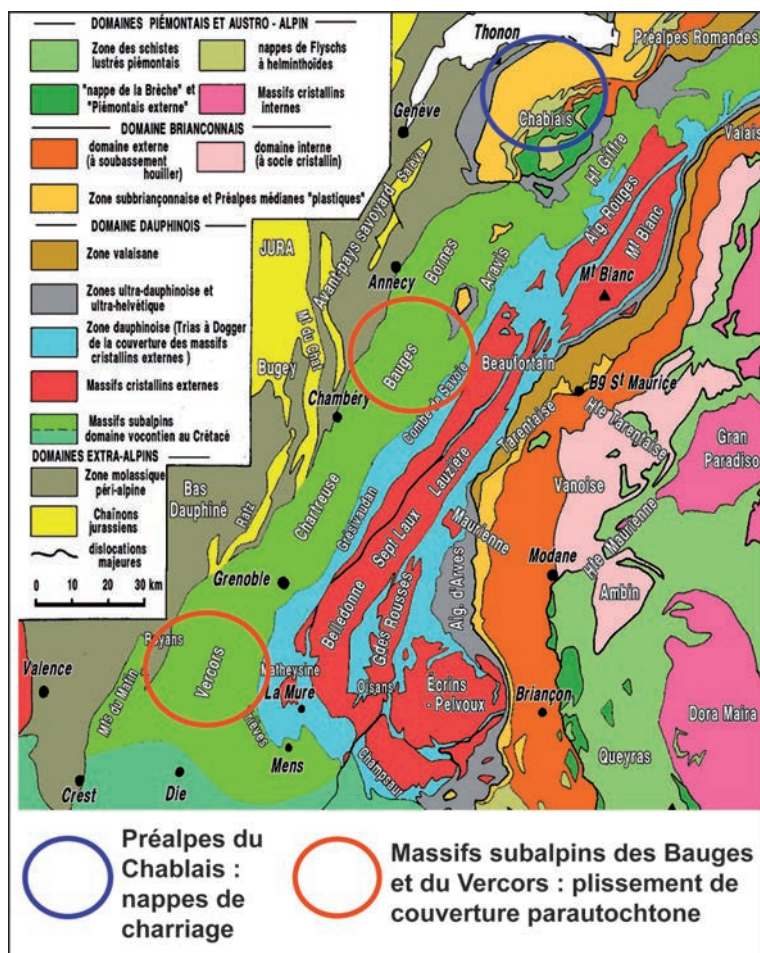


Fig. 3 : Préalpes s.s. versus Massifs subalpins : une différence structurale et génétique exploitable pour démarquer les projets de géoparc (d'après Gidon, www.geol-alp.com, consulté le 11/02/2011).

Il sera cependant plus difficile d'éviter les redondances entre les deux projets subalpins, aux différences moins évidentes, d'autant plus que le PNR du Vercors, en souhaitant élargir les thématiques du projet initial à l'entrée paysagère et géomorphologique, retombera forcément sur le karst et le relief plissé.

Les géoscientifiques ont donc un rôle à jouer dans l'élaboration des contenus des projets de géoparc, en cherchant notamment à mettre en évidence les spécificités et les points forts des richesses géopatrimoniales des territoires candidats. Cette démarche peut révéler le besoin d'approfondir les connaissances sur les thèmes forts retenus et déboucher ainsi sur des travaux de type recherche doctorale, comme cela est le cas pour le Chablais qui finance une thèse sur les patrimoines glaciaires du massif dans le cadre d'un programme Interreg avec le Chablais Suisse (Perret Amandine, sujet de thèse en cours : Identification et valorisation des patrimoines glaciaires des Chablais, sous la co-direction des professeurs E. Reynard (Institut de géographie, Université de Lausanne) et J.-J. Delannoy (Laboratoire Edytem, Université de Savoie), voir Perret et al., ce volume).

De même, les géoscientifiques sont bien placés pour participer à la démarcation des outils et modes de gestion et de valorisation des géopatrimoines mobilisés dans les projets de géoparc : ainsi, dans notre cas, ont-ils pu s'investir dans la démarche participative de réalisation d'un film d'animation 3D reconstituant la mise en place des nappes du Chablais, diffusée sous forme de CD-Rom, tandis qu'ils ont été associés à la mise en place de modes de valorisation originale des paysages souterrains du Vercors (participation à la rénovation du spectacle multimédia des grottes de Choranche et à la conception d'un « geotrail » endokarstique). Les Bauges ont quant à elles inspiré une vision novatrice de la recherche-action, débouchant sur le concept de « recherche hybride », démarche de recherche scientifique et/ou technologique servant à la fois à produire de nouvelles connaissances, donc à faire avancer la science, et à satisfaire une demande d'ordre socio-économique, voire culturel et pédagogique. Dans cette optique, nous avons conçu des outils spécifiques et transposables d'acquisition et de présentation accessible des données, à partir de technologies et de méthodologies pré-existantes adaptées et réorientées vers ce double objectif de monitoring scientifique et de visualisation et restitution pédagogiques. Ce type d'outil a été baptisé « monitor », terme renvoyant explicitement à la fonction de monitoring (acquisition de données, suivi et surveillance des phénomènes) et évoquant le terme français de « moniteur » désignant à la fois un médiateur pédagogique et un écran de visualisation. Les « moniteurs » développés et expérimentés dans les Bauges en 2010 sont :

- d'une part une opération de traçage pédagogique destinée à la fois à connaître les circulations d'eau dans un massif karstique, à déterminer la vulnérabilité des sources et à éduquer les écoliers locaux à leur environnement (Fig. 4) ;
- d'autre part, nous avons conçu un nouveau type de station d'acquisition et de traitement de données constituant simultanément un outil pédagogique de visualisation et d'observation par le grand public et les scolaires des phénomènes hydrométéorologiques et géodynamiques rapides et fréquents (crues de cours d'eau et de sources karstiques, avalanches, mouve-

ments de terrain et laves torrentielles, etc.). Ce concept a été baptisé « GéoVision » et le prototype, conçu en 2010-2011, sera expérimenté en 2012 sur la source karstique de Prérout qui se déverse dans le Chéran (Denimal, 2010 ; Fig. 5).



Fig. 4 : Opération de traçage pédagogique en Bauges, mai 2010. Clichés : Nathalie Cayla et CalcEre.

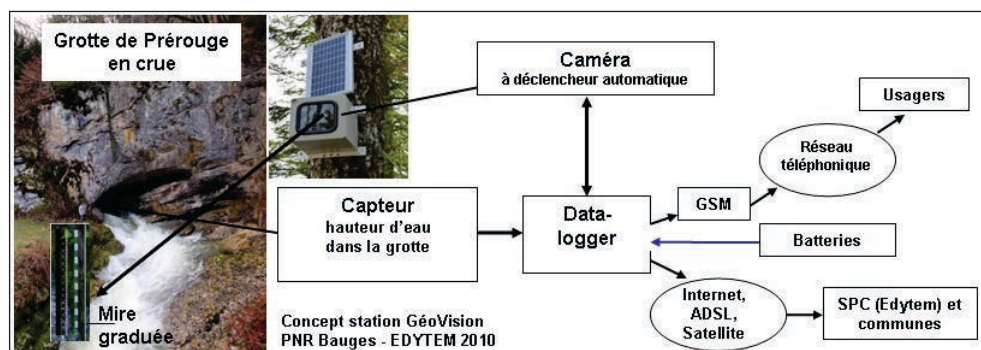


Fig. 5 : Prototype-concept de station GéoVision.

Conclusions

Les géoparcos reposent sur de véritables projets de territoire qui ne peuvent être portés ni même conçus par les seuls géoscientifiques. Ces derniers ont cependant des rôles importants et incontournables à jouer à divers niveaux et ce, dès le montage des candidatures, tant dans l'accompagnement du pilotage, la conception, la validation, la mise en œuvre des contenus, mais aussi la participation aux actions d'animation et à la formation des divers acteurs territoriaux, ainsi que le transfert des savoirs et savoir-faire. La fréquentation assidue de ces territoires par des groupes de géoscientifiques et d'étudiants travaillant sur les géopatrimoines contribue également à leur reconnaissance qualitative.

Il semble important de favoriser une implication pluridisciplinaire et large des géosciences, incluant la géographie en tant que discipline carrefour entre sciences de la Terre et sciences des territoires, dont l'apport peut ici concerner la résolution des questions d'intelligence territoriale posées par la multiplication de projets proches du point de vue spatial et thématique. Ainsi, dans le cas des trois projets de géoparc préalpins, le géographe est-il à même d'envisager des scénarios et des stratégies pertinentes pour concilier les projets et favoriser leur réussite : échelonnement des candidatures dans le temps, collaborations et rapprochements stratégiques, avec, pourquoi pas à terme, aux côtés du géoparc préalpin (s.s.) du Chablais, un grand géoparc subalpin des Bauges au Vercors qui intégrerait le PNR de Chartreuse.

Bibliographie

- Barlet A., Gaudiot M. (2003). *Valorisation géologique et hydrogéologique du territoire Leader+ du Gal du Haut-Chablais en vue de la candidature au label European Geopark*. Rapport de stage IUP Montagne, Université de Savoie, 111 p.
- CalcEre (2010). *Aspiring Bauges Subalpine Geopark. Application Dossier, 2010 November*. Parc naturel régional du Massif des Bauges. 48 p. [en ligne] Disponible sur http://www.parcdesbauges.com/aspiring_bauges_subalpine_geopark/application_dossier_HD.pdf (consulté le 10.02.11).

- Denimal S. (2010). *Valorisation hydrologique sur le territoire karstique des Bauges (Savoie)*. TER Master STDDAD, Université de Savoie. 101 p.
- Guyomard A. (2006). *Etude structurale et hydrogéologique de la terminaison occidentale du Massif des Mémises et de ses relations avec le complexe détritique quaternaire d'Évian*. Thèse de géologie, Université de Savoie, 330 p.
- Martin J.-P. (2011). *Intégration du patrimoine géologique à la stratégie de développement local du Parc naturel régional du massif des Bauges (France)*. Mémoire de Maîtrise en Sciences de l'Environnement, Université du Québec à Montréal (UQAM), 206 p.
- Paccot S. (2003). *Diagnostic sur la thématique de la géologie pour la valorisation du patrimoine sur le territoire Leader+ du Syndicat Intercommunal du Pays de la Côte et du Redon*. Rapport de stage IUP Montagne, Université de Savoie, 73 p.
- Perret A., Reynard E., Delannoy J.-J. (ce volume). Reconstitution des principaux stades glaciaires du Chablais : base scientifique pour la valorisation d'un patrimoine glaciaire régional. In Reynard E., Laigre L., Kramar N. (Eds). *Les géosciences au service de la société*. Lausanne, Institut de géographie. *Géovisions*, 37, 91-103.
- SIAC (2010). *Aspiring Chablais Geopark. Application Dossier, November 2010*. 48 p. [en ligne] Disponible sur <http://www.dossier-chablais.com/docs/applicationForme/applicationChablaisLRColor.pdf> (consulté le 13.02.11).
- UNESCO (2008). *Global Geoparks Network: Guidelines and Criteria for National Geoparks seeking UNESCO's assistance to join the Global Geoparks Network*. Juin 2008. 10 p. [en ligne] Disponible sur <http://www.globalgeopark.org/Portals/1/documents/2008GGN-guidelinesJuneendorsed.pdf> (consulté le 10.02.11).
- Zouros N. (2004). The European Geoparks Network. Geological heritage protection and local development. *Episodes*, 27(3), 165-171.

Répartition et utilisation de la pierre ollaire dans la région d'Evolène, Valais

Hans-Rudolf Pfeifer ¹

Olivier Favre ²

Pierre Kunz ³

Jacques Lanterno ⁴

Francis Anzévui ⁵

Gilbert Maître ⁵

¹ Institut de Minéralogie et de Géochimie
Centre d'Analyse Minérale
Université de Lausanne
Anthropole
CH – 1015 Lausanne

² Centre Hospitalier Universitaire Vaudois
(CHUV)

Bugnon 21

CH – 1011 Lausanne

³ Menuiserie 31

CH – 1293 Bellevue

⁴ Chemin des Roches 2bis

CH – 1208 Genève

⁵ Evolèn'Art

CH – 1984 Les Haudères

E-mail:

hans-rudolf.pfeifer@unil.ch

Introduction

Le haut Val d'Hérens, où se situe la grande commune d'Evolène, est riche en témoins importants de la culture alpine. Le patois encore très vivant, le costume porté encore tous les jours, le soin du décor architectural typique, l'élevage des vaches noires de la race d'Hérens et surtout la présence de nombreux objets en pierre ollaire, font partie d'un patrimoine qu'il est nécessaire de cultiver et de préserver. C'est grâce aux activités de l'association culturelle et artistique locale Evolèn'Art qu'à partir de 1990 cette riche culture a été valorisée sous la forme d'expositions, de chemins balisés et d'excursions guidées et de mises à disposition de dépliants sur la thématique. La présence d'un artisan local de pierre ollaire et le travail scientifique d'inventorisation systématique des gisements suisses de cette roche par des chercheurs des universités de Lausanne et Genève (Pfeifer & Serneels, 1986 ; Mannoni et al., 1987, Kunz, 1988 ; Pfeifer et al. 1993) ont permis de documenter les témoins de la riche culture de pierre ollaire de la région. Cet inventaire est basé en grande partie sur des rapports réalisés par des géologues chargés de prospecter des gisements de talc et d'amiante pendant la première guerre mondiale (Fehlmann, 1919), conservés aux Archives géologiques suisses à Berne (Swisstopo, 1985). Des plans de carrière établis en 1942 à des fins militaires (Amoudruz, 1942), découverts en 1990 au Musée d'ethnographie de Genève, ont permis de systématiser cet inventaire.

Cette publication a pour but de présenter et de montrer les particularités de cette région sur la thématique de la pierre ollaire par rapport au Valais et ses régions limitrophes en général (Fehlmann, 1919 ; Rüttimeyer, 1924 ; Mariétan, 1949 ; Jans & Junod, 1978 ; Paunier, 1983, 1987 ; Gaggi, 1985 ; Donati et al., 1986 ; Schmid, 1986 ; Mannoni et al., 1987 ; Pfeifer et Serneels, 1988 ; Pfeifer, 1989 ; Delacretaz, 1997 ; Ferrez, 1998). Il est à relever que ce sont les fouilles archéologiques pratiquées au cours des quinze dernières années en Valais, dans les vallées avoisinantes et en Franche-Comté, qui ont apporté des connaissances nouvelles considérables sur l'usage de la pierre ollaire pendant les périodes tardi-romaine et du Haut Moyen Age (Boudry, 2001 ; Billoin & Lhemon, 2001 ; Paccolat & Curdy, 2005 ; Lhemon et al., 2006 ; Marti et al., 2006 ; Hänni & Lhemon, 2007 ; Paccolat & Moret, 2007 ; Dubosson, 2007 ; Deslarzes et al., 2008).

Une roche particulière et rare qui tire son origine dans le manteau terrestre

La pierre ollaire est une roche métamorphique formée de minéraux à dureté faible, tels que talc, carbonate, serpentine et chlorite. Elle est appréciée par les artisans et artistes depuis l'âge de la Pierre à cause de sa nature tendre, mais tenace et sa résistance au feu (Pfeifer & Serneels, 1986). A Evolène en patois, on l'appelle « Pirra teindra », qui signifie roche tendre. En fait, elle est facile à travailler avec des outils typiques du travail du bois : scies, couteaux, tours (Gähwiler, 1981). La pierre ollaire, aussi appelée stéatite ou en anglais « soapstone » ou encore « Giltstein » dans le Haut-Valais, comparée à d'autres roches cristallines, comme les granites, gneiss ou micaschistes, est une roche rare (moins de 1 % dans les Alpes). Cela s'explique par les conditions particulières qui sont nécessaires à sa formation. Son origine est située

dans une zone profonde de la terre, appelée manteau, qui se trouve à environ 50 km de profondeur sous les continents, mais seulement 5 km sous les bassins océaniques (Fig. 1). A cette profondeur, la roche-mère de la pierre ollaire, appelé péridotite, contient des minéraux durs et réfractaires, tels que l'olivine et le pyroxène, typiques des températures et pressions très élevées qui règnent à ces profondeurs. Lors des grands mouvements des plaques lithosphériques, qui aboutissent souvent dans la formation de chaînes de montagne (Marthaler, 2001), cette péridotite est fragmentée et transportée en morceaux hecto- à décamétriques dans des niveaux plus proches de la surface, dans la croûte terrestre. Là, des roches granitiques dominent et il y a des gaz riches en eau (H_2O) et gaz carbonique (CO_2) qui circulent. La péridotite subit alors des transformations importantes : les morceaux sont étirés et absorbent ces gaz et éventuellement de la silice, qui provient des granites, et se transforment alors en serpentinite ou en pierre ollaire, riche en minéraux hydratés et carbonatés mentionnés plus haut (Fig. 2). Des lentilles sont alors formées et chacune peut alors constituer un gisement (Fig. 3).

On observe toute une ceinture de gisements de pierre ollaire en Valais, qui s'étend des régions de Saas-Fee et Zermatt jusqu'au Val d'Ollemont-Aoste via le Val de Tourtemagne, le Val d'Anniviers et le haut Val d'Hérens (Fig. 4 ; Kunz, 1988, 1997 ; Escher et al., 1993 ; Pfeifer et al., 1993). Cette ceinture est liée à une zone de roches vertes correspondant aux traces d'un ancien océan (Marthaler, 2001).

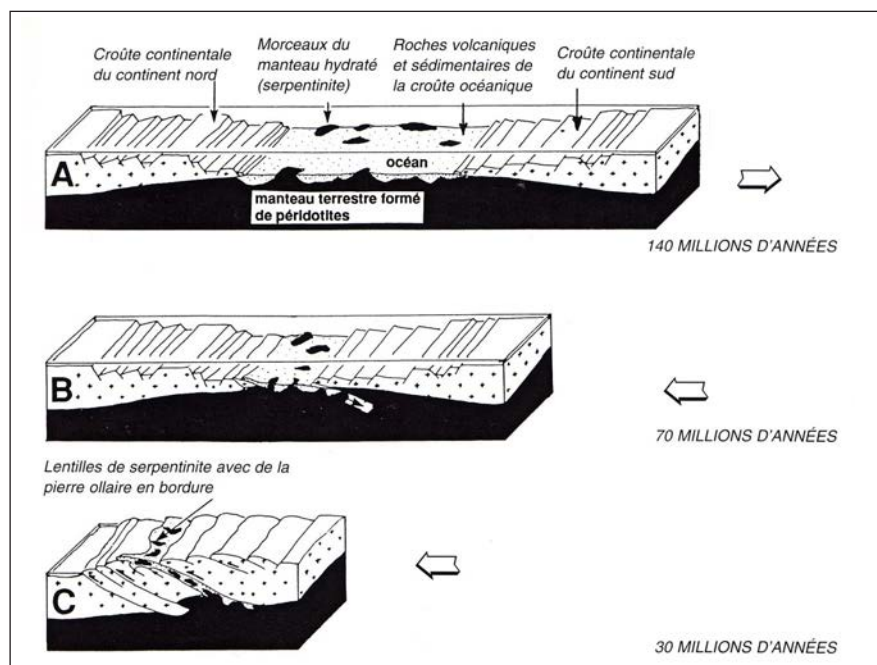


Fig. 1 : Série de blocs-diagrammes schématisques montrant comment des morceaux du manteau terrestre (roche-mère de la pierre ollaire, en noir) arrivent dans la croûte terrestre supérieure d'une chaîne de montagnes (collision de plaques continentales originellement séparées par un océan). A, B, C : différents moments de l'histoire terrestre indiqués en millions d'années. Modifié d'après Lemoine et Tricart (1988).

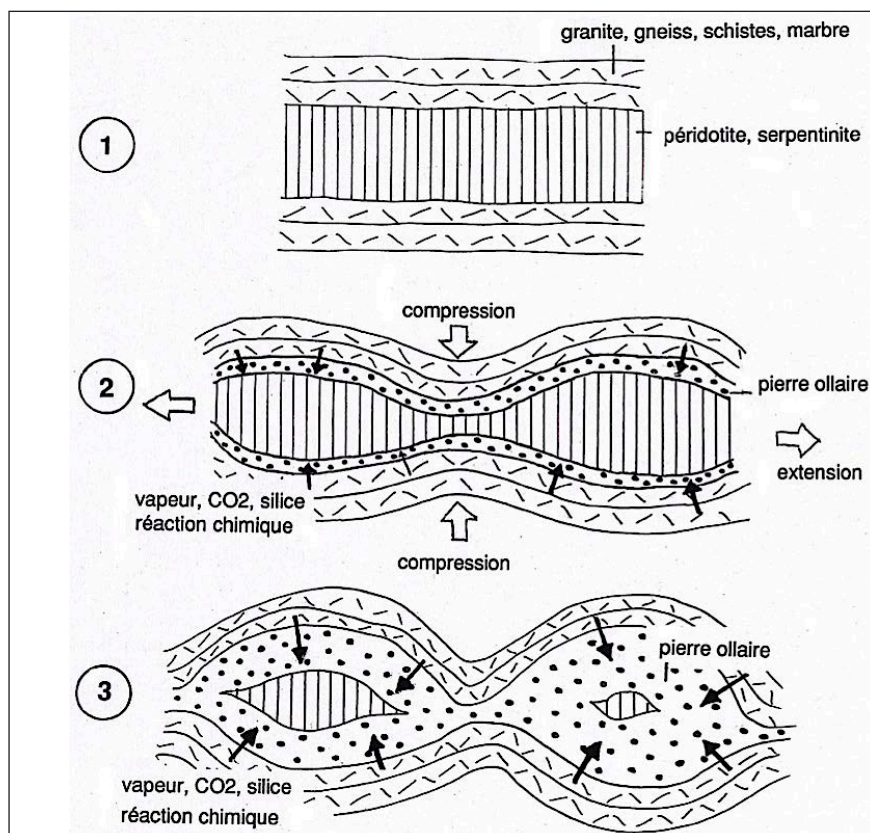


Fig. 2 : Formation de lentilles de pierre ollaïre à partir d'un morceau de péridotite ou de serpentinite (les deux roches-mères possibles) situé dans la croûte terrestre et entouré de roches granitiques. Le processus comprend une combinaison entre compression-extension et réaction chimique.



Fig. 3 : Lentille typique de pierre de serpentinite-pierre ollaïre dans la région d'Evolène (n° 45 sur la Fig. 4). Cliché : H.-R. Pfeifer.

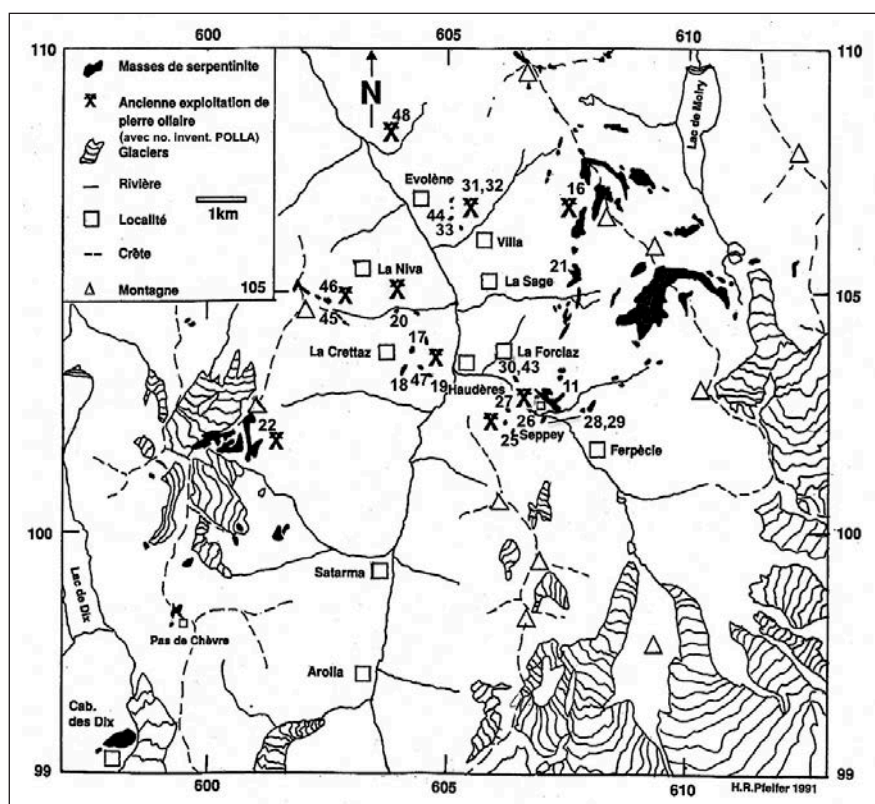


Fig. 4 : Localisation des affleurements de masses de serpentinite (en noir) dans la région d'Evolène et des carrières de pierre ollaire. Les numéros correspondent aux derniers deux chiffres des numéros d'inventaire POLLA du Tabl. 1.

L'exploitation de la pierre ollaire en carrière : un savoir-faire impressionnant

Dans la région d'Evolène il existe au moins une vingtaine de gisements, exploités en petites carrières en partie souterraines (Fig. 4, Tabl. 1 ; une documentation complète avec plans et photos en couleur est déposée aux archives de l'association Evolèn'Art). Les traces d'outils préservées dans la roche, combinées avec des descriptions du sud des Alpes (Donati et al., 1986) et des manuels de tailleurs de pierre et d'exploitation artisanale de carrières actuel (Robert 1984, Castellanos Miguelez & Martin Sisi 2001) permettent de se faire une idée comment le travail se réalisait traditionnellement. On se servait typiquement d'un marteau à manche moyennement long à deux pointes (« pique », Fig. 5), avec lequel on creusait des sillons d'environ 10 cm de largeur et 15 cm de profondeur, rectangulaires, correspondant aux futures dimensions d'une dalle, sur une surface plane de pierre ollaire. Une fois la future dalle creusée de tous les côtés, le fond pouvait être détaché de son substrat, ce qui était fait à l'aide de coins en acier ou en bois mouillé. Une dalle pesait facilement 50 à 150 kg et le transport de la carrière vers un atelier n'était donc pas évident. On utilisait si possible des

traîneaux en été ou des luges en hiver (Fig. 5E) ou encore des cordes pour les tirer (des dalles contenant des trous ont été trouvées sur le versant situé à l'ouest d'Evolène).

N° Inventaire POLLA (42-...)	Lieu-dit	Type de carrière	Coord. X	Coord. Y
11	Les Saulesse	Ciel ouvert	607105	103150
16	Plan Bernard	Ciel ouvert	607800	106570
17	Mayens de la Cretta 1	Ciel ouvert	604240	103800
18	Mayens de la Cretta 2	Ciel ouvert	604120	103530
19	En dessus Pralovin	Ciel ouvert	604610	103220
20	Mayens de la Cretta 4	Ciel ouvert	603930	104530
21	Le Tsaté	Ciel ouvert	607650	105250
22	Mont de l'Etoile	Ciel ouvert	600075	102350
25	Follet 1	Ciel ouvert	606360	102175
26	Follet 2	Ciel ouvert	606180	102300
27	Follet 3	Ciel ouvert	606180	102580
28	Follet 4	Ciel ouvert	606830	102330
29	Follet 5	Ciel ouvert	606850	102380
30	La Forclaz-Bagnards 1	Ciel ouvert	606460	103240
31	Barmes des Italiens I	Souterraine	605100	106430
32	Barmes des Italiens II	Souterraine	605080	106500
33	Zanfleurin I, II, III	Souterraine	605050	106230
43	Bagnards 2	Souterraine	606350	103300
44	Barne du Midi I, II	Souterraine	604980	106350
45	Palanche de la Cretta 1	Ciel ouvert	604400	104660
46	Palanche de la Cretta 2	Ciel ouvert	604150	104800
47	Route d'Arolla	Ciel ouvert	604420	103500
48	Martemo *	Ciel ouvert	603800	107900

* La roche exploitée est la prasinite, une variété dure et rarement utilisée de pierre ollaire.

Tabl. 1 : Carrières de pierre ollaire de la région d'Evolène inventoriées dans la banque de données POLLA (Pfeifer & Serneels, 1986, version actuelle disponible auprès du premier auteur ou du Musée géologique cantonal à Lausanne).

Il semble qu'en Valais le métier de poêlier ait fortement régressé après la première guerre mondiale (Naef, 1938, Seeberger, 1973), dans le Val d'Hérens en particulier (Gaspoz & Tamini, 1935, Gaspoz, 1950, Maistre, 1971). Actuellement, les Georges représentent la dernière famille de poêliers traditionnels dans la commune d'Evolène (Tabl. 2 et comm. pers. L. Pralong). De 1983 et 2000, le maçon Laurent Pralong d'Evolène s'est mis à restaurer des poêles-fourneaux en pierre ollaire, puis il s'est lancé dans la fabrication de nouveaux fourneaux et l'exploitation de carrières (Dougoud, 1987, Fauchère, 1993, Fischer, 1995). Dans les années 1990, il ouvre même une nouvelle carrière à 2900 m à la Palanche de la Cretta en dessus de La Niva (Tabl. 1, n° 42-46) et y vit pendant quelques semaines en été. Les photos de la figure 6 donnent une impression de sa technique bien plus moderne. Comme tout emploi d'explosif peut créer des microfissures réduisant la qualité de la roche, il se sert d'une foreuse portable électrique alimentée par un générateur portable. Il perce la zone à détacher tous les 5 à 10 cm, ce qui permet de travailler de nouveau avec des coins en métal pour détacher le bloc (Fig. 6C). En cas de fissures

importantes préexistantes, une petite pelle mécanique permet de détacher des blocs et de les transporter dans un coin de la carrière (Fig. 6E). A la fin de l'été, un hélicoptère transporte ce matériel vers la route carrossable la plus proche.

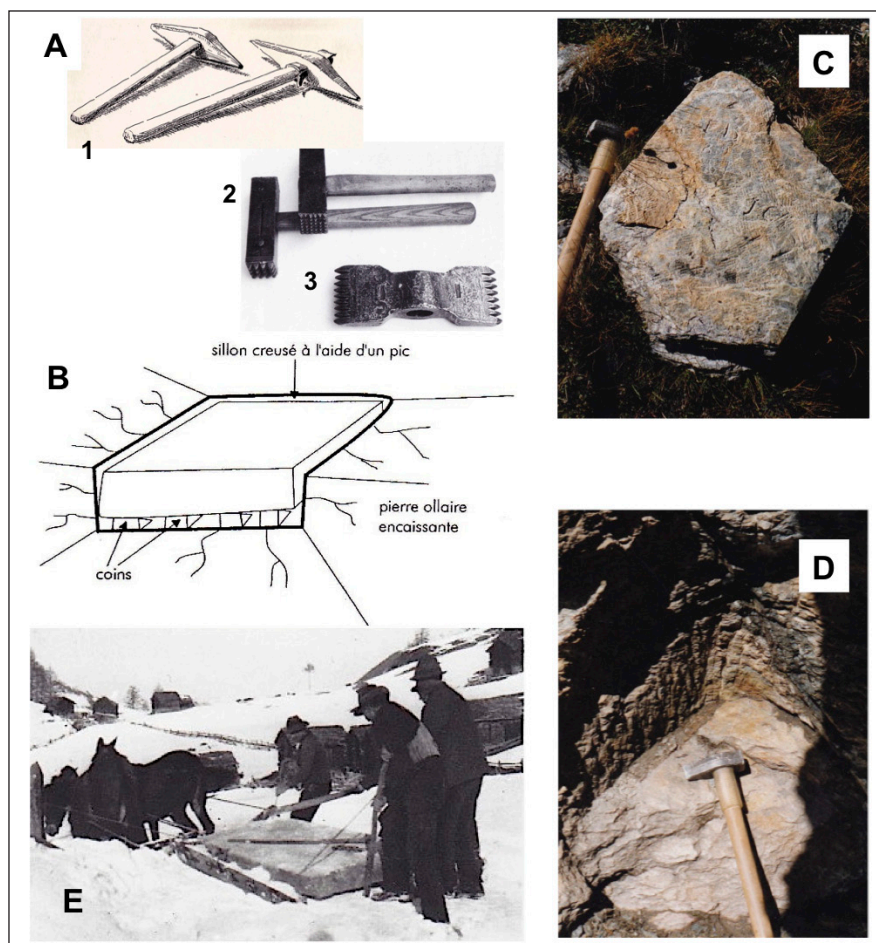


Fig. 5 : Techniques traditionnelles d'exploitation de la pierre ollaire. A. Outils typiques pour travailler des pierres tendres, 1 : pique (dessin Donati, 1985), 2 : boucharde, 3 : marteau à grain d'orge (clichés 2 et 3 : Robert, 1984). B. Isolement et détachement d'une dalle de fourneau du substrat (dessin Favre, 1999). C. Dalle de pierre ollaire bouchardée (cliché : H.-R. Pfeifer). D. Traces typiques de l'exploitation pour des dalles de fourneau (cliché : H.-R. Pfeifer). E. Transport de dalles de fourneau en hiver sur une luge à la Forclaz (Sauthier, 1946).

Nom	Année	Taxes
Jean-Pierre Gaspoz, poêlier et guide	1875	2 Fr.
	1885	10 Fr. rien
Jean Georges, poêlier	1895	10 Fr.
	1905	30 Fr.
	1920	rien

Tabl. 2 : Mentions de poêliers à Evolène d'après les taxes industrielles (Archives de l'Etat du Valais, vol. 2101.2, vol. 11, 48). Comm. pers. de P.-L. Pelet, professeur honoraire, Université de Lausanne, 1991.

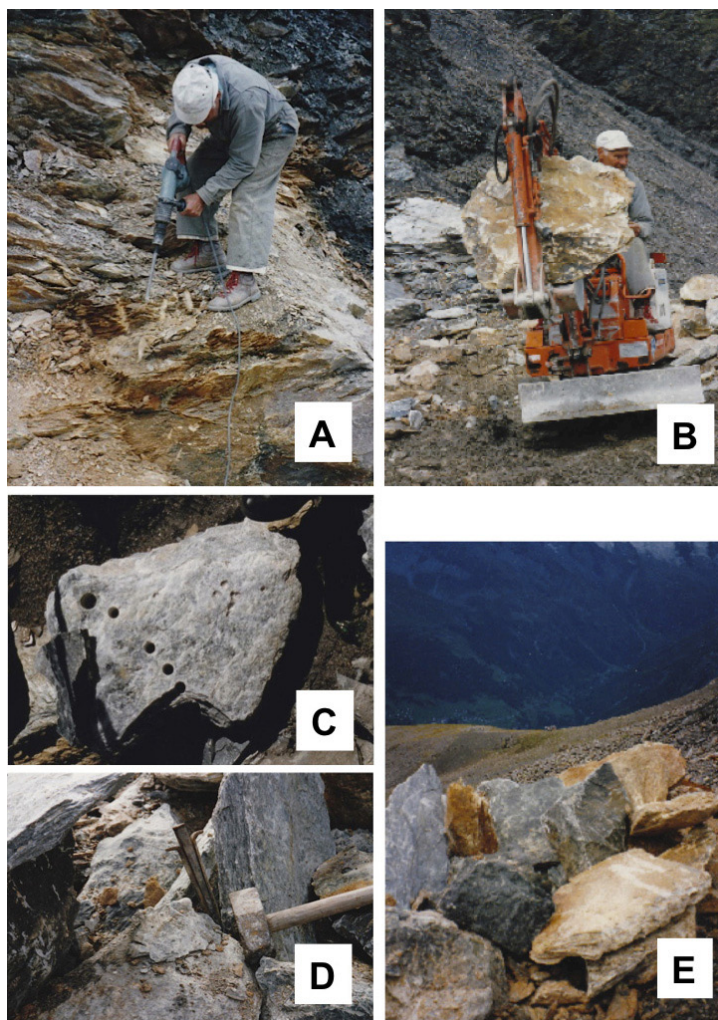


Fig. 6 : Techniques modernes d'exploitation de la pierre ollaire dans la carrière n° Po 42-46 de L. Pralong. A. Travail avec la foreuse électrique alimentée par un générateur portable. B. Transport des blocs lourds par une petite pelle mécanique. C. Pièce avec des trous prête à être fendue en deux. D. Utilisation de coins métalliques pour détacher un bloc. E. Blocs bruts de pierre ollaire prêts à être transportés à l'atelier à l'aide de l'hélicoptère. Clichés : H.-R. Pfeifer.

Un usage très ancien : les lampes en pierre

Une utilisation très ancienne de la pierre ollaire du Val d'Hérens est certainement le façonnage de lampes en pierre (Fig. 7). On les retrouve aujourd'hui dans les musées plutôt que chez les indigènes. Le Musée suisse des arts et traditions populaires de Bâle possède une collection d'environ 10 lampes provenant du Valais, collectées et

décrites surtout par Rüttimeyer (1924). Le Musée d'Histoire du Canton du Valais à Sion en possède un seul exemplaire provenant de la famille Métrailler d'Evolène. La collection G. Amoudruz du Musée d'ethnographie de Genève contient également une grande série de lampes en pierre ollaire dont quelques pièces du Val d'Hérens (Baumann & Boccazzi-Varotto, 1991). La typologie et la grande variation de ces objets à aspect archaïque et originaires du Valais ont été décrites par Ignace Mariétan (1942, 1943 et 1949).

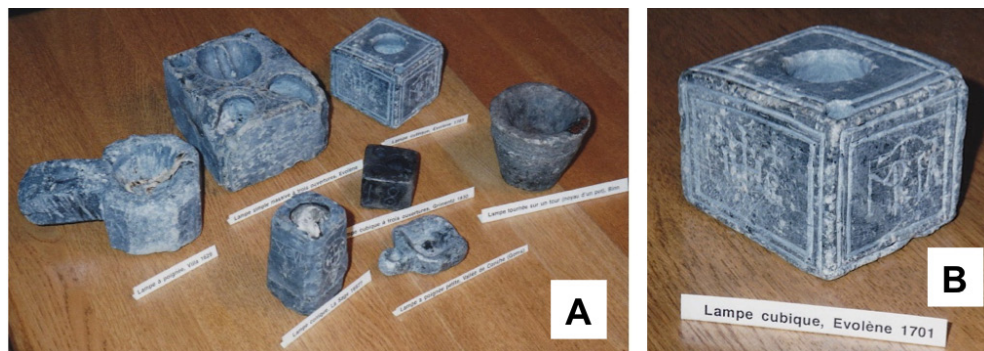


Fig. 7 : Lampes en pierre ollaire provenant du Valais (collection du Musée ethnographique de Bâle). A. Vue d'ensemble des formes très diverses. B. Lampe d'Evolène en forme de cube datant de 1701 avec monogramme IHS (Iesus Hominis Salvator) sur la face gauche et les initiales MF sur la face droite. Clichés : H.-R. Pfeifer.

Les lampes les plus simples sont de petits blocs bruts munis d'une ou plusieurs cuvettes, dont dérivent probablement les termes en patois « lokett » ou « lôuze » (pièce de roche plate). Dans la collection de Bâle, un exemplaire plus évolué consiste en une lampe à manche de forme conique à base carrée. Elle est dotée d'un simple trou de plusieurs centimètres de diamètre destiné au carburant et à la mèche. La grande majorité de lampes préservées datent des XVII^e et XVIII^e siècles et ont la forme d'un parallélépipède rectangle de 10 cm au maximum, muni d'un grand trou pour le combustible et d'un plus petit pour la mèche. Elles rappellent des encriers avec lesquelles elles sont parfois confondues. Les exemplaires plus élaborés ont des ornements de type rosace, le monogramme IHS (Iesus Hominis Salvator) et/ou portent une date.

Les combustibles utilisés dans ces lampes étaient le suif, le beurre, l'huile de chanvre et plus rarement de l'huile de noix ou de lin. Les mèches étaient traditionnellement fabriquées à partir d'intestins, de laine ou de chanvre. Dans les modèles simples, la ou les mèches étaient simplement mises dans la grande ouverture et allumées sur la bordure. Le nombre de mèches déterminait l'intensité de la lumière qui était toujours plus vive que la lumière d'une bougie. Par ailleurs, les bougies étaient certainement un luxe au sein de la population alpine de l'époque. Rüttimeyer (1924) date le début de la disparition de telles lampes autour de 1850, ce qui correspond à peu près à l'introduction dans notre pays des lampes à pétrole. On en rencontrait encore quelques-unes dans les années 1910-20, principalement dans les cimetières.

Indispensables dans ce climat : les poêles en pierre

La fabrication de poêles composés de dalles de pierre ollaire de 8 à 10 cm d'épaisseur et pesant souvent entre 50 et 150 kg chacune est connue dans tout le Valais (Seeberger, 1973, Egloff & Egloff-Bodmer 1987 ; Delacretaz 1997 ; Ferrez 1998). Dans le Val d'Hérens, ces « fourneaux » ou « paroissiens », comme on les appelle localement, sont d'une esthétique remarquable, en particulier les exemplaires ronds à plusieurs étages (Clottu 1976, 1978, 1988; Fig. 8). Grâce à leur résistance au feu et à leur capacité énorme de rétention de chaleur, les fourneaux en pierre ont probablement remplacé les foyers ouverts à partir du XII-XIII^e siècle en Valais, en même temps que les poêles en terre cuite ont été introduits dans le Moyen Pays. Seuls les gens relativement fortunés pouvaient se permettre ce luxe dans un premier temps, mais toutes les habitations permanentes de la région d'Evolène ont été peu à peu équipées d'un ou deux de ces fourneaux.

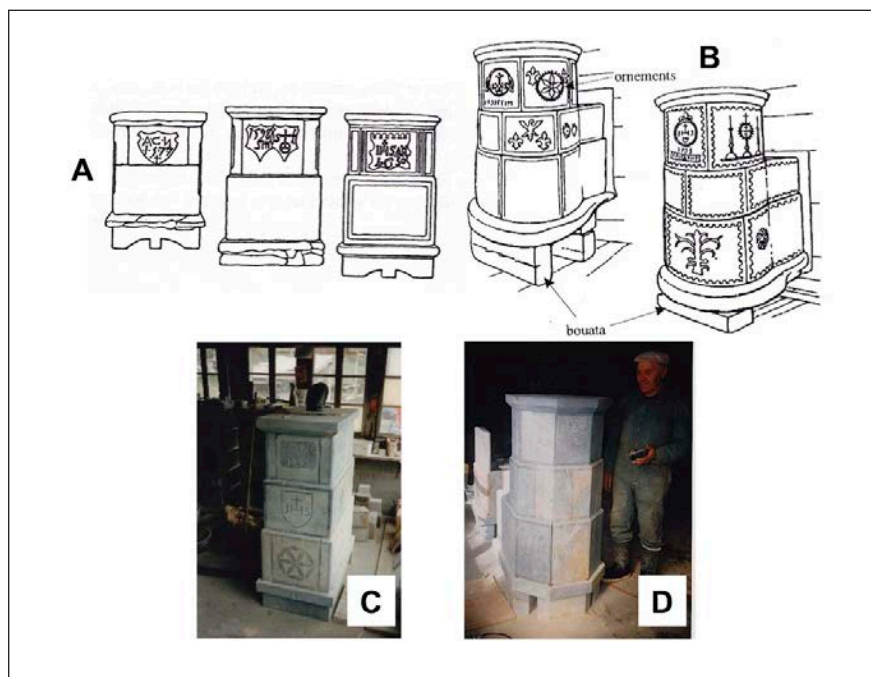


Fig. 8 : Fourneaux typiques. A. Formes rectangulaires datant de 1577, 1598 et de 1630 (Villa sur Evolène). B. Formes cylindriques du XVIII^e siècle (dessins Clottu, 1978). C. Fourneau rectangulaire fabriqué par L. Pralong en 1993. D. Fourneau octogonal fabriqué par L. Pralong en 1990. Cliché : H.-R. Pfeifer).

Les premiers exemplaires étaient vraisemblablement rectangulaires et de taille modeste (environ 1 m de hauteur). Le plus ancien fourneau connu date de 1577 et est préservé à Villa sur Evolène (Clottu, 1978, 1988). Ceux du XVIII^e siècle sont souvent ronds et à trois étages. Plusieurs exemplaires de fourneaux ronds ornés de motifs de plantes sont répertoriés dès la fin du XVIII^e siècle. Ils proviennent vraisemblablement du même atelier. Les exemplaires du XIX^e siècle et ceux du début du

XX^e siècle sont à nouveau rectangulaires, selon le goût changé du jour, mais ceci reflète peut-être aussi une tendance à la rationalisation de la production et à la raréfaction des ressources à disposition.

Les motifs de décoration sont variables : rosaces, trèfles, fleurs de lys, vortex, losanges, croix ancrées, arbres de vie, licornes et bien sûr des armoiries. Les données concernant les artisans sont relativement lacunaires et aucun ancien outil de poëlier n'a pu être trouvé à Evolène ou aux Haudères à ce jour (par exemple ceux appartenant à la famille Georges citée dans le Tabl. 2). Laurent Pralong a construit lui-même tous les engins et outils nécessaires à son activité depuis 1980 (scie, chablon de décor, marteau de type boucharde, pinces pour ancrer les dalles d'un fourneau, etc., Fig. 10). Pour recycler les petits morceaux de pierre ollaire, il les mélangeait avec le ciment réfractaire de Farge et coulait des dalles rondes, pour pouvoir reprendre les formes traditionnelles cylindriques à plusieurs étages. Laurent Pralong se refusait à munir ses fourneaux avec un noyau en fonte comme le font beaucoup d'autres ; il trouvait que c'était trahir les bonnes qualités de la roche.

Enfin, nous pouvons encore évoquer les pierres arrondies préchauffées qui étaient utilisées comme chauffe-lit dans la région de Sierre (Blatter, 1988). Notons que cette utilisation spécifique des qualités de la pierre ollaire n'a pas encore été prouvée dans le Val d'Hérens.

Décoratifs et pratiques : les éléments architecturaux

Les encadrements de portes et fenêtres en pierre ollaire, serpentinite ou autres roches vertes sont très répandus dans les maisons d'Evolène, bien qu'ils soient moins apparents que ceux en corneille ou en tuf jaune (Fig. 9). Dans la façade latérale sud-ouest de l'église d'Evolène, un petit cadre de fenêtre en pierre ollaire blanc-gris, aujourd'hui sans fonction, date certainement d'une phase de construction très ancienne de ce sanctuaire (Fig. 9B). Les bénitiers (Fig. 9C) et parfois des colonnes à aspect de marbre vert sont également souvent réalisés en serpentinite ou en pierre ollaire, à l'instar du bénitier de l'église d'Evolène, bien que celui-ci ne semble pas être très ancien. L'autel principal datant de 1925 environ est fait d'une pierre ollaire gris-vert assez homogène.

Il n'y a pratiquement pas de limites à l'utilisation des roches vertes. On citera les plaques portant les armoiries d'une famille ou simplement la date de construction d'une maison, placée au-dessus du linteau de la porte d'entrée ou encore la partie mobile d'une presse à fruits en serpentinite, exposée dans un jardin des Haudères. Il est probable que d'autres types d'objets anciens en pierre ollaire non identifiés à ce jour existent dans la région d'Evolène.

A l'heure actuelle, aucune trace d'objet en pierre ollaire tournée, tels que marmites, pots, etc. n'a été trouvée dans le Val d'Hérens, alors que cet usage de la pierre ollaire est bien répandu dans la région de Zermatt, dans le Val d'Aoste (Paunier, 1983) et surtout au Tessin et en Valtellina (Gähwiler, 1981 ; Donati, 1985 ; Donati et al., 1986 ; Pfeifer, 1989).

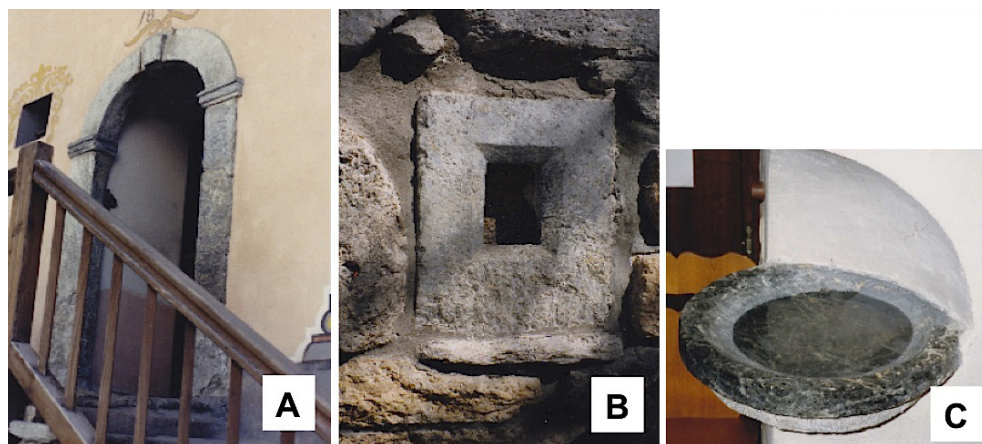


Fig. 9 : Éléments architecturaux en pierre ollaire. A. Voûte de porte à Evolène. B. Fenêtre aveugle dans le mur de l'église d'Evolène. C. Bénitier, église d'Evolène. Clichés : H.-R. Pfeifer.

Le présent s'inspire du passé mais trouve des formes nouvelles

Quelle est la situation actuelle ? Une des premières activités de l'association culturelle Evolèn'Art, parmi de nombreuses autres, a été d'élargir et de consolider une exposition permanente à la Maison d'école des Haudères sur la géologie et la glaciologie de la région (*Centre de géologie et glaciologie*, ouvert en été, Fig. 11). Le thème de la pierre ollaire y a été ajouté en 1991, avec un accent mis sur les aspects ethnographiques et artisanaux de la région ; il a suscité un intérêt vif et immédiat. Une exposition temporaire consacrée à des sculptures modernes en pierre ollaire a été organisée en été 1992, ainsi qu'un véritable atelier de sculpture ouvert à tous les amateurs intéressés. Des visites guidées d'anciennes carrières de pierre ollaire complétaient cet effort de revitalisation de la thématique.

Au cours des années 1993-1998, Laurent Pralong a vendu ses produits en pierre ollaire dans le cadre du Centre de géologie et de glaciologie. L'objet le plus prisé était le « hot stone », une plaque de 20 x 40 cm en pierre ollaire épaisse de 2 à 3 cm, servant à « griller » la viande à table, après chauffage préalable dans un four électrique ou sur le feu (Fig. 10C).

Plusieurs études menées entre 1998 et 2004 par des chercheurs en sciences de la Terre de l'Université de Lausanne et de l'Institut universitaire romand de santé au travail ont permis de confirmer la présence possible de fibres d'amiante dans les gisements de pierre ollaire (Favre, 1999 ; Schafer et al., 2001 ; Rochat, 2004). Les recommandations actuelles sont de prendre des mesures de protection adéquates lors de certains travaux sur ces roches particulières, mais il n'y a pas de risque pour l'utilisateur final de produits en pierre ollaire.

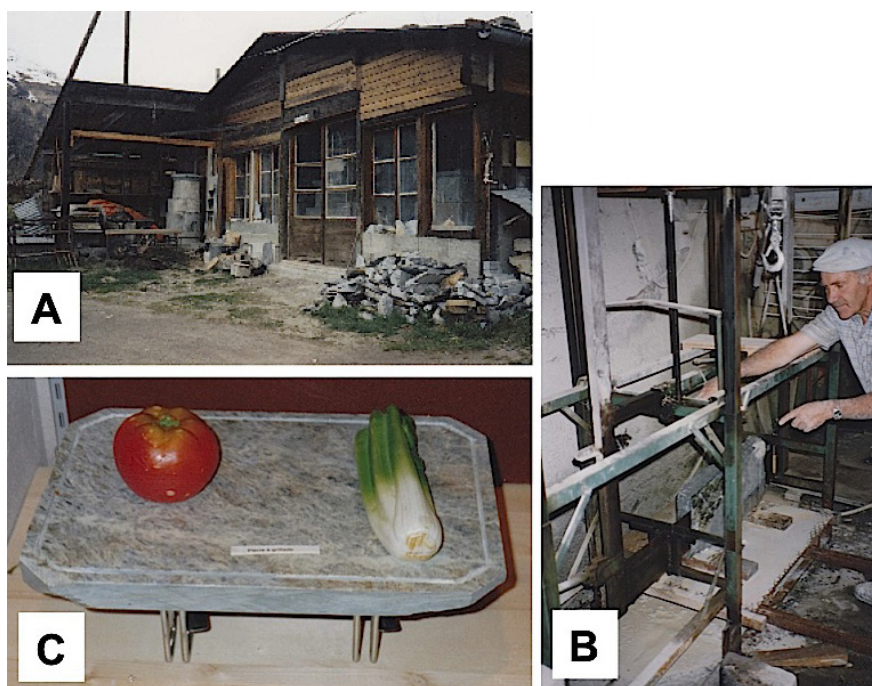


Fig. 10 : A, B. Atelier de poêlier de Laurent Pralong à Evolène en 1993. La photo à droite montre la scie qu'il a construite pour scier des dalles de fourneau. C. Plaque de pierre ollaire pour griller la viande, fabriquée par L. Pralong et exposée au Centre de géologie et de glaciologie des Haudères. Clichés : H.-R. Pfeifer.



Fig. 11 : Ancienne Ecole des Haudères abritant le Centre de géologie et de glaciologie. A gauche: vue d'ensemble, à droite: accueil pendant l'été avec les dépliants et guides en vente. Clichés : H.-R. Pfeifer.

Remerciements

De nombreuses personnes nous ont fourni des informations précieuses ou ont soutenu notre recherche d'une manière ou d'une autre. Nous les remercions vivement. Elles sont de la région ou simplement adeptes de la pierre ollaire d'ici ou d'ailleurs. Nous mentionnerons en particulier Michel Marthaler à Grandvaux, Laurent et Hermine Pralong à Evolène, Steven Ayrton à La-Tour-de-Peilz, Vincent Serneels à Fribourg, Herbert Wirz à Steffisburg, Georges Welti, Maurice Bracci, Gisèle Pannatier à Evolène, Bruno Donati à Giumaglio, Tiziano Manoni à Gênes, Dominik Wunderlin à Bâle, Marie-Claude Morand à Sion, Rodolphe Moix à La Lurette et Jean-Daniel Rouiller à Sion. Les remarques précieuses du comité de lecture de cet ouvrage ont aidé à clarifier certains passages du texte.

Bibliographie

- Amoudruz G. (1942). *Levées d'abris militaires de la région géographique E2 par la Brigade d'infanterie de montagne 10 (anciennes carrières souterraines de la région d'Evolène)*. Bibliothèque Amoudruz, Musée d'ethnographie de Genève, 12 p.
- Baumann F., Boccazzi-Varotto A. (1991). *Musée d'ethnographie de Genève : le fer et la pierre. Trésors de l'artisanat alpin. Collection Amoudruz, Vol 2*. Ivrea, Priuli & Verlucca.
- Billoin D., Lhemon M. (2001). Les récipients en pierre ollaire. *Archéopages*, 4, 17-19.
- Blatter M. (1988). Erinnerungen an einen wärmenden Stein. *Schweizerische Arbeitslehrerinnen-Zeitung*, 2/88, 16-19.
- Boudry C. (2001). *La vaisselle en pierre ollaire de Martigny, Forum Claudii Vallensium : approches pétrographique et morphologique*. Mémoire de licence, Université de Lausanne, Faculté des lettres.
- Castellanos Miguez A., Martin Sisi M. (2001). *Taille de la pierre. Guide pratique*. Paris, Eyrolles (2^{ème} éd.).
- Clottu O. (1976). *Vieux pays d'Evolène, Témoins présents et disparus*. Sion, Edition de la Matze.
- Clottu O. (1978). Villa d'Evolène. *Vallesia*, 33, 357-373.
- Clottu O. (1988). Le fourneau d'Evolène. *Annales Valaisannes*, 119, 55-64.
- Delacretaz P. (1997). *La pierre ollaire. Tradition et renouveau*. Sierre, Monographic.
- Deslarzes B., Serneels V., Lhemon M. (2008). Les récipients en pierre ollaire dans l'antiquité. *Table ronde, 19-20 septembre 2008. Abstract book*. Musée de la pierre ollaire à Champsec - Commune de Bagnes.
- Donati B. (ed.) (1985). *2000 anni di pietra ollare: origine, estrazione, lavorazione, prodotti, utilizzazione*. Catalogo per la mostra. Museo Valmaggese, Cevio.
- Donati P.A. (ed.) (1986). *2000 anni di pietra ollare*. Dipartimento dell'Ambiente, Cantone del Ticino (Quaderni d'informazione 11).
- Dougoud M. (1987). Le beau moment du fourneau. *Le Sillon Romand*, 6 février 1987.
- Dubosson B. (2007). *Pratiques funéraires de l'Antiquité tardive et du Haut Moyen Age en Valais*. Mémoire de licence, Université de Lausanne, Faculté des lettres.
- Egloff W., Egloff-Bodmer A.-M. (1987). *Les maisons rurales du Valais*. Tome I, chapitre Le chauffage. Bâle, Société suisse des traditions populaires, 13, 187-190.
- Escher A., Masson H., Steck A. (1993). Nappe geometry in the Western Swiss Alps. *Journal of structural geology*, 15, 501-509.

- Ferrez W. (1998). *Un bagnard de taille*. Collection du Musée de Bagnes, Musée de la pierre ollaire à Champsec.
- Favre O. (1999). *Le travail des artisans de la pierre ollaire : recherches minières, minéralogiques et de santé au travail*. Travail de diplôme, Université de Lausanne, Faculté des Sciences.
- Fauchère D. (1993). L'amour de la pierre. *Nouvelliste*, 11 mars 1993.
- Fehlmann H. (1919). *Der Schweizerische Bergbau während des Weltkrieges*. Kapitel: Der Talk- und Asbestbergbau. Bern, Kümmerly und Frey.
- Fischer S. (1995). Tendre pierre ollaire. *Le Sillon Romand*, 2 mars 1995.
- Gaggi S. (1985). La pietra ollare in Valmalenco. *Quaderni della Provincia*, 4, 41-76.
- Gähwiler A. (1981). Lavez, Geschichte und Technik der historischen Lavez-Bearbeitung. *Lapis*, 6(3), 19-30.
- Gaspoz A., Tamini J.-E. (1935). *Essai d'histoire de la Vallée d'Hérens*. St-Maurice, Imprimerie St-Augustin.
- Gaspoz A. (1950). *Monographie d'Evolène*. Chap. XVI: Mines et carrières. Sion, Imprimerie Fiorina & Pellet, 120-121.
- Hänni M., Lhemon M. (2007). La pierre ollaire en Suisse occidentale : nouvelles approches archéologiques et pétrographiques. *Bulletin d'études préhistoriques et archéologiques alpines*, 17, 243-257.
- Jans C., Junod L. (1978). *Artigianato tipico valdostano*. Aosta, Musumeci.
- Kunz P. (1988). Ophiolites penniques et sédiments associés dans la région d'Arolla (Val d'Hérens, Valais, Suisse). *Eclogae geologicae Helvetiae*, 81, 115-124.
- Kunz P. (1997). *Trois itinéraires géologiques dans la commune d'Evolène, Haut Val d'Hérens – Valais*. Les Haudères, Evolèn'Art.
- Lemoine M., Tricart P. (1988). *Queyras : un océan il y a 150 millions d'années. Initiation à la géologie sur les sentiers du Queyras*. Orléans, Ed. BRGM et Parc national du Queyras.
- Lhemon M., Rey P.-J., Hänni M. (2006). Productions de pierre ollaire en Maurienne (Savoie, F). *Minaria Helvetica*, 26a, 3-18.
- Maistre A. (1971). *Simple notes sur Evolène et son passé*. Evolène, Edité par l'auteur.
- Mannoni T., Pfeifer H.-R., Serneels V. (1987). Giacimenti e cave della pietra ollare nelle Alpi. *Atti della giornata di studio "La pietra ollare protostorica all'età moderna"*. Como, Ed. Civico Museo Archeologico «Giovio», 7-46.
- Mariétan I. (1942). Les lampes en pierre du Valais. *Bull. Murithienne*, 59, 66-106.
- Mariétan I. (1943). Les lampes en pierre du Valais. *Annales Valaisannes*, 1943, 35-36.
- Mariétan I. (1949). *Ame et visages du Valais. Les lampes en pierre*. Lausanne, Librairie F. Rouge, 58-64.
- Marthaler M. (2001). *Le Cervin est-il africain ? Une histoire géologique entre les Alpes et notre planète*. Lausanne, Ed. LEP.
- Marti R., Thierrin-Michael G., Paratte Rana M.-H., Fellner R., Friedli V., Mazimann J.-P., Basset S. (2006). *Develier-Courtételle, un habitat rural mérovingien. 3. Céramiques et autres objets en pierre, verre, os, bois ou terre cuite*. Porrentruy, Office de la culture et Société jurassienne d'Emulation (Cahier d'archéologie jurassienne 15).
- Naef H. (1938). Métiers d'autrefois : la pierre ollaire. *La Patrie Suisse*, 45, 228-229.

- Paccolat O., Curdy P. (2005). Zermatt-Furi, un haut lieu de production de pierre ollaire dans l'Antiquité. *Bulletin d'études préhistoriques et archéologiques alpines*, 16, 123-145.
- Paccolat O., Moret J.-C. (2007). Les récipients en pierre ollaire du site de Gamsen/Waldmatte (Valais, CH) : une production locale ? *Bulletin d'études préhistoriques et archéologiques alpines*, 18, 197-206.
- Paunier D. (1983). La pierre ollaire en Valais. *Archéologie suisse*, 6, 161-170.
- Paunier D. (1987). La pierre ollaire dans l'Antiquité en Suisse occidentale. La pietra ollare dalla preistoria all'età moderna. *Atti del convegno di Como, 16-17 ottobre 1982*, Como, 47-57.
- Pfeifer H.-R., Serneels V. (1986). Exploitation de la pierre ollaire au Tessin et régions voisines : aspects géologiques et ethnographiques. In Donati P.A. (ed.). *2000 anni di pietra ollare*. Dipartimento dell'Ambiente, Cantone del Ticino. Quaderni d'informazione 11, 147-228.
- Pfeifer H.-R., Serneels V. (1988). La pierre ollaire en Valais. *Bulletin de géologie Lausanne*, 56(3), 48-51.
- Pfeifer H.-R. (1989). Wenig bekannte Beispiele von ehemaliger Lavez-Ausbeutung in den südlichen Alpentälern. *Minaria Helvetica*, 9, 8-54.
- Pfeifer H.-R., Bino G., Menot R.-P., Stille P. (1993). Ultramafic rocks in the pre-Mesozoic basement of the Central Alps and external western Alps. In Von Raumer J., Neubauer F. (eds.). *The pre-Mesozoic geology in the Alps*. Berlin, Springer, 119-143.
- Robert J.-F. (1984). *Le marteau et ses formes*. Aubonne, Assoc. Arboretum Vallon de l'Aubonne (Les cahier du musée 7).
- Rochat C. (2004). *Roches et amiante : étude expérimentale sur leur potentiel d'émission de fibres*. Travail de diplôme d'études approfondies (DEA), Université de Lausanne, Institut de Minéralogie et de Géochimie.
- Rüttimeyer L. (1924). *Urethnographie der Schweiz*. Kap. IV Steinlampen: 38-79. Kap.VI: Gefässe aus Topfstein: 94-143. Basel.
- Sauthier A. (1946). *Almanach perpétuel de La Forclà*. Neuchâtel.
- Schafer M., Pfeifer H.-R., Favre O. (2001). Gefährdet Speckstein die Gesundheit ? La pierre ollaire est-elle dangereuse pour la santé ? *Schweizer Strahler*, 35, 14-19 et 33-36.
- Schmid E. (1986). *Steinkultur im Wallis*. Brig, Rottenverlag.
- Seeberger M. (1973). *Der Giltsteinofenmacher*. Basel, Krebs und Schweiz. Gesellsch. Volkskunde (Reihe Altes Handwerk, 34).
- Swisstopo (1985). *Collection de documents sur les gisements de talc et amiante en Valais (cartes Siegfried 1 : 25'000 et rapports des années 1914-1918 de l'Archive géologique Suisse*. Copie disponible au Musée géologique cantonal, Lausanne.

Repérer des géomorphosites disparus : le cas de la plaine du Rhône valaisanne

Emmanuel Reynard
Laetitia Laigre
Benoît Maillard

Institut de Géographie
Université de Lausanne
Anthropole
CH – 1015 Lausanne

E-mails :
emmanuel.reynard@unil.ch
laetitia.laigre@unil.ch
benoit.maillard1@gmail.com

In Reynard E., Laigre L. et Kramar N. (Eds) (2011). *Les géosciences au service de la société. Actes du colloque en l'honneur du Professeur Michel Marthaler*, 24-26 juin 2010, Lausanne (Géovisions n° 37). Institut de géographie, Université de Lausanne.

Introduction

Les géosites et les géomorphosites (Panizza, 2001) sont des témoins de l'histoire de la Terre, parfois très anciens (les fossiles, certains minéraux), parfois récents ou actuels, comme une bonne partie des formes du relief, qui méritent d'être conservés et transmis aux générations futures. C'est là l'un des objectifs principaux des recherches menées actuellement en vue de mieux faire connaître – et le cas échéant, de protéger – le patrimoine géologique et géomorphologique (Gray, 2004 ; Reynard et al., 2009a). Mais qu'en est-il de ces témoins de l'histoire de la Terre, aujourd'hui disparus, mais dont la mémoire humaine garde encore le souvenir ? Devraient-ils être valorisés, comme d'autres géomorphosites bien visibles, afin d'en conserver la mémoire ? Si oui, comment faudrait-il procéder ?

Le projet de Troisième correction du Rhône, qui aura pour effet de donner plus d'espace au Rhône suisse, permet d'amorcer une réflexion sur la thématique des géomorphosites disparus. Depuis l'endiguement du fleuve, à la fin du XIX^e siècle, la plupart des formes liées à la dynamique fluviale, telles que les tresses, les îles, les bas-fonds humides ou les zones d'épandage, ont disparu et ont fait place à un nouveau paysage, très anthropisé, géométrique et en grande partie maîtrisé par l'Homme. Dans la région de Martigny, des dunes ont été décrites à la fin du XIX^e siècle (Morlot, 1857 ; Gams, 1915 ; Farquet, 1925). Elles ont complètement disparu du paysage, autant en raison de la réduction de l'activité fluviale due notamment au tarissement des apports sédimentaires venant de l'amont, que de leur exploitation comme source de matériaux pour les travaux de construction et pour l'agriculture (Farquet, 1925). Ce sont ainsi un témoin de la dynamique éolienne et fluviale particulièrement complexe de cette portion de la vallée du Rhône qui a disparu du paysage et, bientôt, des mémoires. Et pourtant, bien que peu visibles et difficiles à appréhender à première vue, de nombreux témoins rappellent la dynamique passée, que ce soit la micro-topographie de la plaine alluviale, la toponymie, les représentations iconographiques ou encore les textes de voyageurs.

En étudiant le cas de la région comprise entre Riddes et Martigny, notre contribution s'attache, à la suite des travaux pionniers de Jean-Paul Bravard (1987) sur le cours du Rhône français, à explorer différentes manières d'appréhender, d'analyser et de représenter ce patrimoine caché ou en grande partie disparu. Nous proposons une approche combinant cinq groupes de méthodes :

- l'analyse morphométrique de la plaine par traitement de modèles numériques de terrain à haute résolution au moyen d'un SIG, qui permet de reconnaître la microtopographie peu visible à l'œil nu ;
- la réalisation de sondages géophysiques, qui permettent d'identifier les caractéristiques sédimentaires de la subsurface ;
- l'analyse de cartes anciennes ;
- l'analyse de la toponymie locale, souvent riche en indications géomorphologiques ;
- la compilation de textes et représentations iconographiques anciennes.

Le texte est organisé en deux parties principales. Dans un premier temps, après avoir évoqué rapidement les principales caractéristiques de la région d'étude, nous présentons les différentes approches méthodologiques utilisées, en décrivant brièvement la méthode et en illustrant le propos par des exemples situés dans cette portion de la vallée du Rhône. Ensuite, nous étudions plus en détail, en combinant ces différentes méthodes, deux exemples de géomorphosites disparus : les anciennes bandes actives de tressage du Rhône du secteur Riddes-Saillon et les dunes éoliennes des alentours de Martigny.

La région d'étude

Le secteur considéré est situé entre Riddes et Martigny (Fig. 1). Il s'étend sur près de 17 km de longueur et sur la largeur totale de la plaine alluviale. Du point de vue géomorphologique, il est délimité à l'amont par le cône de déjection de la Salentse (Chamoson) et à l'aval par celui de la Dranse, qui individualisent un bassin sédimentaire dont les fonctionnements hydrologique et sédimentologique dépendent du Rhône et des apports directs des versants. Plusieurs autres cônes de déjection bordent la plaine, notamment ceux de la Fare (Riddes), du Torrent d'Ecône et des Torrents de Vella et des Croix (Saxon), en rive gauche.

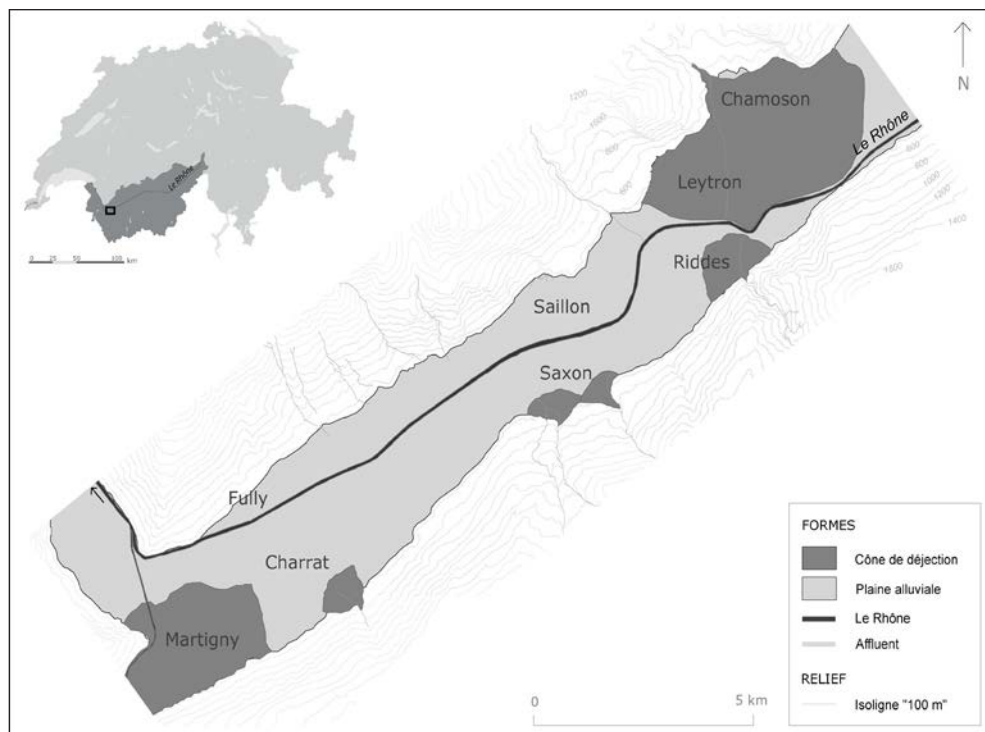


Fig. 1 : Localisation de la zone d'étude.

Ce secteur a connu d'importantes variations de l'activité hydrologique, caractérisée notamment par de nombreuses crues dont l'une des plus dévastatrices (1860) a

conduit à l'adoption des premières mesures systématiques de rectification du tracé du Rhône qui ont débuté en 1863 (Première correction du Rhône). Ces travaux avaient pour but de réduire la complexité du tracé du fleuve afin d'évacuer l'eau plus rapidement vers l'aval lors des hautes eaux et des crues. Le style fluvial a ainsi été simplifié. Les bandes de tressage qui occupaient de larges parties de la plaine ont été restreintes artificiellement à un chenal unique dont la largeur actuelle ne dépasse pas 60 m dans les secteurs les plus larges (contre généralement 1 km de largeur avant les corrections). A ces anciennes bandes de tressage étaient généralement associées des formes de surface particulières telles que des dunes situées à proximité du chenal. Ces accumulations sableuses ont été formées à l'aide de sédiments meubles à granulométrie fine (sables fins ou limons) transportés par le vent depuis le chenal vers l'extérieur de la plaine alluviale. Liés directement au fonctionnement hydrologique des chenaux et de la nappe phréatique ainsi qu'à la présence des nombreux cônes de déjection qui bloquaient les écoulements, des marais étaient également présents dans de nombreuses portions de la plaine et constituaient des environnements importants pour la vie agricole locale (prés humides, zones de pacage communautaires ; voir Bender, 1996).

Les méthodes d'analyse

L'analyse morphométrique

Dans les années 1930, la surface de la plaine a été nivelée et les chenaux toujours en eaux ont été comblés afin de restructurer le parcellaire et mieux valoriser les terres pour l'agriculture. Bien que ces chenaux ne soient plus visibles directement à l'œil, ils sont toujours inscrites dans le paysage. L'analyse de la micro-topographie de la plaine à l'aide d'un Modèle Numérique de Terrain (MNT) à haute résolution permet cependant de repérer les formes les moins visibles. Des micro-dépressions longitudinales mettent en évidence un ancien chenal alors qu'une sur-élévation du terrain peut caractériser une ancienne île. Le MNT-MO de résolution 2m utilisé pour cette étude (Swisstopo, 2007) permet d'obtenir une représentation en 3D de l'altitude générale avec des points de mesure effectués tous les 2 mètres et une précision verticale de quelques centimètres. Dans le secteur étudié (Saillon), l'utilisation de ce MNT a permis la détection de plusieurs micro-dépressions (zones foncées) correspondant à d'anciens chenaux (Fig. 2). Par ailleurs, il est possible d'identifier précisément les dimensions des paléochenaux et de leurs berges. Le MNT montre un paléochenal proche de Saillon qui faisait 16 m de largeur. Plus au sud, on distingue également d'autres paléochenaux longitudinaux.

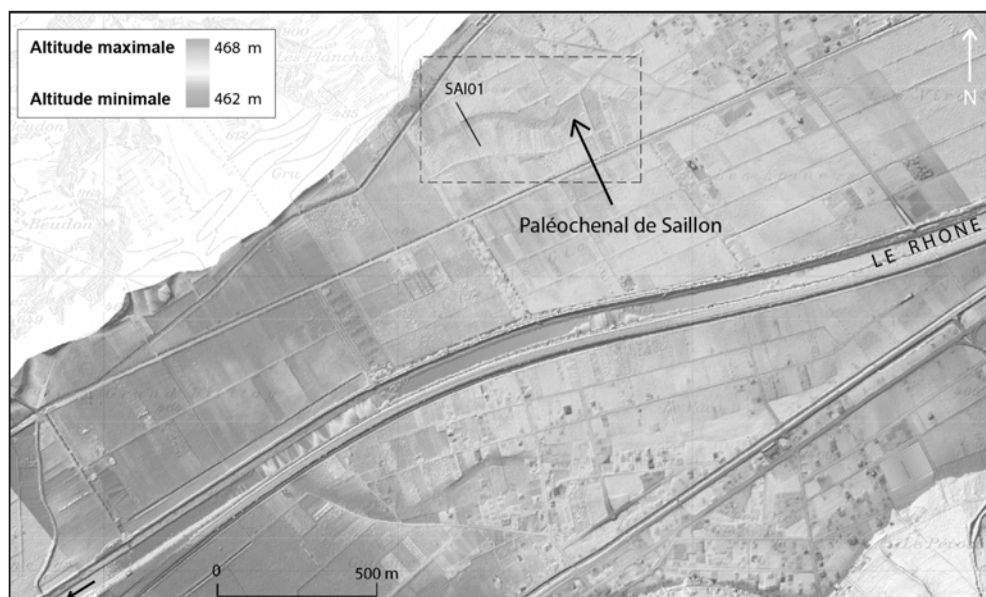


Fig. 2 : Extrait du MNT-MO (résolution : 2 m) permettant de localiser clairement les paléochenaux du Rhône et de ses affluents dans la plaine alluviale. Reproduit avec l'autorisation de swisstopo (BA11023).

La prospection géophysique

Les méthodes géophysiques utilisées notamment en science de la Terre (Linde & Pederson, 2004) et en hydrogéologie (Marescot et al., 2003 ; Coscia et al., 2011) permettent une observation indirecte de la structure sédimentaire. La méthode utilisée ici (la Tomographie de Résistivité Electrique, ERT) est basée sur la mesure de la capacité d'un courant électrique à circuler dans les formations sédimentaires. Chaque type de sédiment a des propriétés électriques qui sont différentes, certains vont être plus résistants au passage du courant (graviers, galets), d'autres moins (argiles, limons). Ainsi, l'enregistrement des valeurs de courant circulant entre plusieurs électrodes implantées dans un montage électrique spécifique va permettre de déterminer, par un calcul mathématique, la résistivité du sous-sol pour chaque point de mesure. Ces résistivités vont ensuite faire l'objet d'une modélisation dont le résultat sera représenté sur une image appelée tomographie.

Le montage électrique utilisé comprend un câble électrique composé de sorties auxquelles on va relier des électrodes (tiges en fer) implantées dans le sol et réparties de manière rectiligne avec un espace régulier de 5 m. Les mesures sont faites sur des profils perpendiculaires aux formes étudiées afin d'avoir un aperçu de la structure du remblaiement de ces formes. Suivant la longueur des formes étudiées, 48 ou 72 électrodes ont été utilisées.

Sur le paléochenal de Saillon, un profil a été effectué (SAI01 ; Fig. 2). Les résultats montrent plusieurs zones résistantes (Fig. 3) : deux ont des valeurs allant jusqu'à 300

ohm.m ; une a une valeur allant jusqu'à 500 ohm.m. L'ensemble des valeurs obtenues sur ces 3 zones est caractéristique des sédiments grossiers (graviers, galets). La variation de valeurs entre les 3 zones s'explique par le pourcentage d'argile plus élevé dans celles qui ont des valeurs plus faibles (l'argile conduisant mieux le courant électrique, ces secteurs sont moins résistants). Ces trois zones sont d'anciens chenaux du Rhône qui s'écoulaient perpendiculairement les uns aux autres, certainement dans une bande active de tressage. Ces images de la structure générale apportent donc des informations importantes qui permettent la localisation de ces formes fluviales disparues.

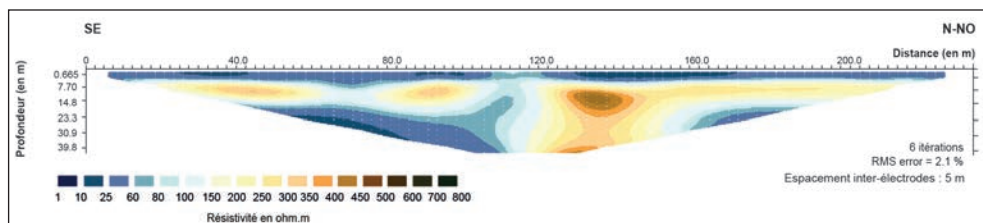


Fig. 3 : Tomographie des résistivités électriques d'un profil effectué à travers le paléochenal de Saillon montrant l'existence de matériaux plus résistants en profondeur, qui peuvent être associés à des graviers déposés dans des chenaux aujourd'hui fossilisés. Localisation du profil : SAI01 sur la figure 2.

L'analyse de cartes anciennes

Parallèlement aux études morphométriques et géophysiques, les documents historiques (notamment les cartes et cadastres) constituent un matériel de premier ordre pour la reconstitution des paysages anciens et pour l'étude de l'évolution de ces derniers (Longhi, 2008). Une telle approche a déjà été utilisée dans la plaine du Rhône suisse par Stäuble & Reynard (2005), Zanini et al. (2006), Laigre et al. (2009), Reynard et al. (2009b), Schoeneich (2009) et Stäuble (2009), qui ont ainsi pu reconstituer la morphologie du fleuve et son évolution depuis deux siècles. Ces travaux, réalisés à des échelles diverses et avec des approches distinctes, permettent de prendre la mesure des modifications majeures du paysage de la plaine rhodanienne. Ainsi, entre 1850 et 2000, les zones alluviales ont perdu 95 % de leur surface, celles des affluents ont complètement disparu, les zones humides ont perdu 85 % de leur surface, alors que les surfaces urbanisées ont été multipliées par 6.5 entre Brigue et le lac Léman (Zanini et al., 2006).

L'utilisation des cartes anciennes pose toutefois un certain nombre de problèmes méthodologiques. Bien que relativement précises, les cartes Dufour et Siegfried, ainsi que les premières éditions des cartes nationales suisses, nécessitent de prendre en compte certaines déformations (liées notamment aux changements de systèmes de projection et à l'amélioration des techniques de mensuration, de géodésie et de photogrammétrie) si l'on veut les superposer dans des systèmes d'information géographique (Stäuble et al., 2008 ; Reynard, 2009). Par ailleurs, la représentation des détails de l'utilisation du sol (notamment la couverture végétale) a évolué au cours du temps ; le degré de précision dépend également du moment du levé de terrain (notamment en lien avec les hautes et basses eaux).



Fig. 4 : Plaine de Riddes-Saillon au début du XIX^e siècle (AEV DTP/Plans/Rhône, 1). Le plan est orienté au sud et le Rhône coule vers la droite de l'image. Il montre que le Rhône présentait un chenal principal dont le tracé correspond plus ou moins au tracé endigué actuel ; par contre, un cours secondaire – appelé Vieux Rhône sur d'autres plans – longe le Rhône au sud, entre Ecône (*Iconna*) et Saxon (*Sason*). L'ensemble de la plaine est par ailleurs parcouru par des tresses, mettant en évidence de nombreuses îles. Bien que non endigué, le tracé du Rhône est partiellement aménagé par des épis transversaux et par endroits par des digues longitudinales visant à fermer certains bras secondaires.

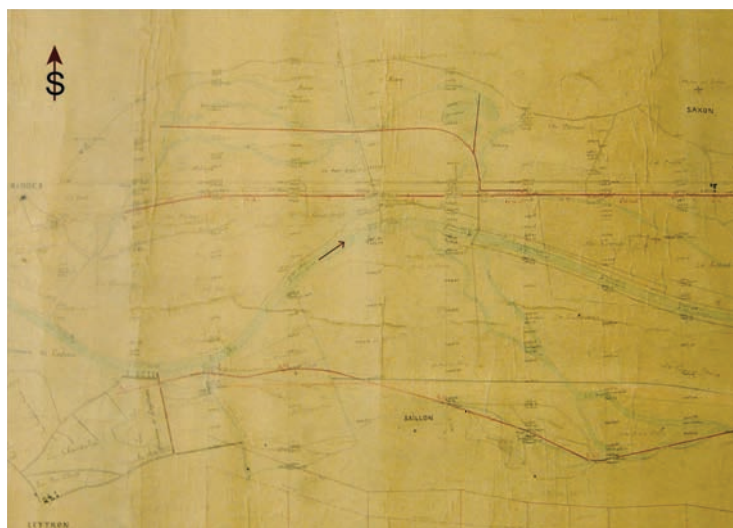


Fig. 5 : Plaine de Riddes-Saillon en 1876 (AEV DTP/Plans/Assainissement, 11). Le plan est orienté au sud et le Rhône coule vers la droite de l'image. Le Rhône a été endigué, mais les tresses sont encore bien visibles à l'ouest de Riddes et au sud-ouest de Saillon. Dans la région d'Ecône, des zones humides semblent avoir pris place dans les bas-fonds.

L'utilisation de cartes plus anciennes pose des problèmes concernant le système de projection utilisé. C'est le cas de la carte de la route du Simplon levée en 1802-1803 par les

cartographes de Napoléon. Jusqu'ici, les plans anciens, réalisés notamment lors de conflits limitrophes (Schoeneich, 2009) ou de travaux de correction et d'assainissement, ont été peu exploités. Dans le cadre de cette étude, nous avons dépouillé systématiquement différents dossiers conservés aux Archives de l'Etat du Valais dans les fonds du Département des travaux publics. Ce sont ainsi plus de 50 documents cartographiques qui ont pu être réunis sur tout ou partie de la plaine située entre Saillon et Martigny. Une étude systématique a permis d'en extraire le contenu hydrologique, géomorphologique, en termes d'utilisation du sol, d'aménagement des cours d'eau et de la plaine alluviale, ainsi que sur la toponymie (voir section suivante). Les figures 4 et 5 permettent de se représenter le cours du fleuve dans la plaine de Riddes-Saillon, respectivement au début et à la fin du XIX^e siècle. Il apparaît que comme dans de nombreux autres secteurs de la plaine alluviale, le Rhône avait un cours tressé durant la première moitié du XIX^e siècle. Ces tresses ont complètement disparu suite à la première correction du fleuve (1863-1894), sauf, partiellement, dans les plaines de Gletsch et de Finges.

La toponymie

Si les cartes sont intéressantes car elles permettent de situer les anciennes formes, elles présentent également une riche information toponymique. La nomination des lieux résulte en principe d'une interprétation subjective de la réalité – notamment du paysage – par les habitants. Une fois établi, un toponyme est en principe conservé, même si la réalité du terrain change. L'étude des toponymes peut ainsi participer à la reconstruction des paysages anciens (voir par ex. Conedera et al., 2007, qui ont étudié le terme tessinois *brüsáda* pour reconstruire les anciennes pratiques de feux sur les terrains embroussaillés). C'est le cas des plaines alluviales dans lesquels nombre de toponymes donnent des informations sur les styles géomorphologiques anciens (Petit, 2008).

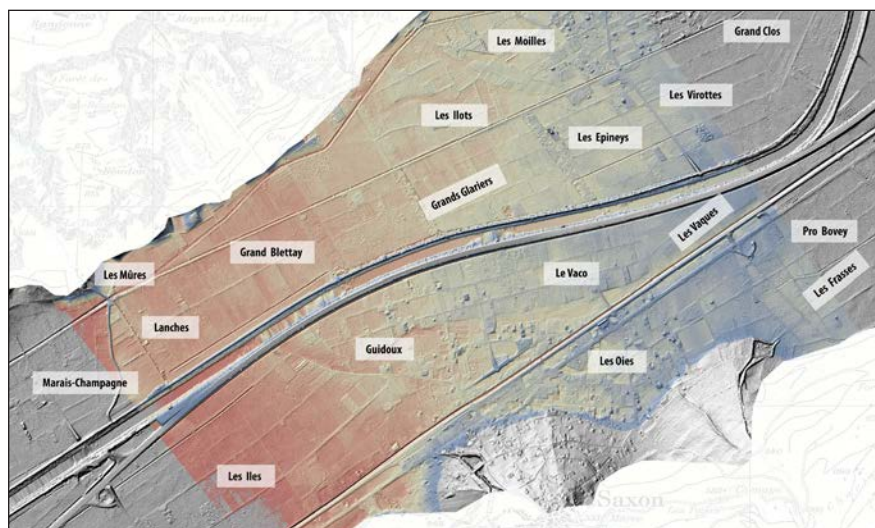


Fig. 6 : Principaux toponymes de la région de Riddes-Saillon. Fonds : MNT-MO. Reproduit avec l'autorisation de swisstopo (BA11023).

Dans cette étude, nous avons collecté l'ensemble des toponymes présents sur la carte topographique au 1:25 000 et les avons analysés en nous basant sur le glossaire établi par Bossard & Chavan (1986, rééd. 2006) (Tabl. 1). L'étude a permis de mettre en évidence les secteurs présentant des zones humides (*Les Moilles, les Frasses, Grand Blettay, Pro Pourri, Les Maraîches*) et ceux correspondant aux épanchages de graviers, pouvant être mis en relation avec d'anciennes zones de tressage (*Les Ilots, Les Iles, Grands Glariers, Lanches*), dont certains sont représentés sur la figure 6. Le lieu-dit *Les Chantons*, qui signifie « *colline, petit tertre* », est particulièrement intéressant. Il correspond à l'un des secteurs de concentration de dunes, aujourd'hui totalement disparues (Fig. 11) et témoigne ainsi de ces formes anciennes.

Iconographie et textes anciens

Une autre source documentaire est constituée par les textes anciens, notamment ceux des voyageurs ayant parcouru les Alpes, ainsi que les représentations iconographiques (estampes, gravures, etc.) qui accompagnent ces ouvrages et qui permettent parfois de reconstituer les anciennes géomorphologies, bien qu'il faille être attentif aux effets de sélection (les auteurs et artistes privilégient les sites spectaculaires) et de déformation (effets de style ; voir notamment Pitteloud, 2010 : 9-19). Ces méthodes sont particulièrement efficaces dans les environnements qui évoluent rapidement tels que les marges glaciaires. Pour la période récente (depuis la fin du XIX^e siècle), la comparaison de photographies anciennes et récentes donne des résultats très probants (Dumoulin et al., 2010).

Dans cette étude, nous nous sommes basés essentiellement sur deux anthologies de récits de voyageurs (Reichler & Ruffieux, 1998 ; Pitteloud, 2010), ainsi que sur l'excellent outil de recherche fourni par la base de données VIATIMAGES, dans le cadre du projet Viaticalpes (www.unil.ch/viaticalpes, consulté le 16 février 2011). Dans l'anthologie de Reichler & Ruffieux (1998), nous nous sommes basés sur les index des noms de lieux (Rhône, Riddes, Saxon, Charrat, Martigny, Saillon, Fully). Nous avons dépouillé systématiquement les textes réunis par Pitteloud (2010) pour toute la période située avant 1920. Dans la base de données VIATIMAGES, nous avons utilisé l'onglet de recherche géographique, avec les mêmes mots-clés que pour les textes.

Toponyme	Définition	Intérêt géomorphologique
Terrains humides		
Les Moilles	Moille, Millie, Moilette, Moillasson, Molliou : Prairie très humide	Zone marécageuse (Fig. 9)
Les Frasses	Franoz, Frane, Frenoz, Frasse: frêne, arbre des sols humides et légers ; Fagniolet, Frassette, Frasseule, Frassilet, Franey, Freney, Frenière, Franière, Fragnire : bois de frêne	Indique certainement une zone humide (Fig. 9)
Grand Blettay	Blatta, Blettes, Bletley : motte de terre gazonnée ; touffe de foin sauvage croissant entre les rochers ; certains de ces mots pourraient se rattacher à la famille « Blet » = terre humide	Certainement un rapport avec des terres lourdes, des prés humides (Fig. 9)
Marais-Champagne	-	Marais
Pro Pourri	Pro : pré; Pourriers : pré marécageux, terrain humide	Pré marécageux
Les Maraîches	Maraîche, Marèche, Marche, Marechat, Marchat, Marechet, Marchet : pré marécageux, souvent utilisé autrefois comme pâturage commun	Pré marécageux
Terrains graveleux		
Les Epineys	Epine, Epenaz, Epinette, Epenettaz, Epeney, Epenex, Epinières, Epenaux, Penau = endroit où abondent des arbustes à épines	Donne indirectement une information sur le type de sol (caillouteux, propices aux épineux) => ancienne zone d'épandage de galets, graviers (Fig. 9)
Les Ilots, Les Iles, L'Ile à Bernard	Ile, Isle, Ila, Ilette, Islan : terrain aujourd'hui et surtout autrefois entouré d'eau	Indication de zone de tressage (Fig. 9)
Grands Glariers	Gleyre, Glère, Lière, Glarey, Glary, Glarier, Gleyrier, Laret, Lyérette : sol graveleux, assez souvent en bordure de rivières (alluvions)	Zone d'épandage de graviers correspondant à une ancienne zone de tressage (voir Fig. 9)
Lanches	Lanche, Lantze, Lanchette : prairie étroite, en forte pente ; également le sens de « lit de rivière », qu'on retrouve en Lombardie	La première étymologie n'est pas valable ici ; certainement à rattacher à un lit de rivière (Fig. 9)
Les Chantons	Chanton, Tsanfon, Tsantonoz, Chantonoz, Tsantenoz : colline, petit tertre	Correspond à l'une des zones de dunes (Fig. 11).
Aménagements		
Grand Barres (2 fois)	Barre, Barrette, Barrière, Barrière: palissade, clôture ; en Valais, peut avoir le sens de barrage, digue	Digues

Tabl. 1 : Principaux toponymes de la région comprise entre Saillon et Martigny, avec définition selon Bossard & Chavan (1986, rééd. 2006) et intérêt pour la reconstitution géomorphologique de la plaine.

Il ressort de ce dépouillement que les descriptions du Rhône et de la plaine en général ne sont pas très riches, sauf dans le secteur compris entre Martigny et St-Maurice, où les auteurs se sont concentrés sur la description de la Pissevache et, parfois, des gorges du Trient. Dans la zone d'étude, quelques auteurs donnent toutefois des indications géomorphologiques. Ainsi, il semble qu'avant la correction systématique du fleuve, de larges portions de la plaine étaient inondées à la fonte des neiges, avant que les eaux ne refluent. Ainsi, Ramond de Carbonnières, qui traverse le Valais entre

le 4 et le 14 juillet 1777, note : « *Sous mes pieds la plaine transformée en un vaste lac m'offrait un tableau de désolation : je voyais des villages et des forêts à demi submergés, qui commençaient à peine à sortir du sein des eaux ; des ruines, de vastes champs de gravier, déplorables monuments des ravages du fleuve* ». (in Pitteloud, 2010 : 104). Le naturaliste Karl-Friedrich-August Meisner, relatant son voyage à travers le Valais en automne 1816 (in Pitteloud, 2010 : 656-682) mentionne les étendues marécageuses situées autour du village de Leytron et à l'ouest du bourg de Saillon et décrit des lacs peu profonds occupant de grandes portions de la vallée, dans lesquels sédimentent des limons. De tels lacs sont visibles sur plusieurs cartes de la deuxième moitié du XIX^e siècle, notamment dans la région de Saxon-Charrat, avec mention des cotes de profondeur oscillant entre quelques décimètres et quelques mètres. D'autres auteurs observent les caractéristiques du tracé du fleuve. Ainsi, Jean-Georges Ozaneaux note en 1820 que le fleuve « *est large, mais pas navigable, à cause des bancs de sable qui divisent son cours, de l'impétuosité de ses eaux, et du peu de profondeur de son lit* » (in Pitteloud, 2010 : 732). En 1850, Clara Filleul De Pétigny trouve à ces tresses un charme pittoresque : « *Dans la partie où serpente le Rhône, on ne voit que des prairies marécageuses et des bois traversés par divers bras du fleuve, et qui forment des îles plus ou moins grandes, présentant des tableaux charmants* » (in Pitteloud, 2010 : 958). Wolfgang Goethe, quant à lui, traverse le Valais en 1779 ; il raconte comment il a dû faire un vaste détour en raison d'un pont arraché (vraisemblablement le pont de Riddes), une situation qui semble avoir été courante avant l'endiguement du fleuve.

L'iconographie ancienne n'est pas beaucoup plus parlante. Contrairement aux glaciers et aux cascades, qui constituaient des hauts lieux touristiques à l'époque baroque et romantique, les fonds de vallée ne semblent pas avoir beaucoup attiré les peintres et graveurs, à l'exception de certains ponts – notamment celui de St-Maurice – et de châteaux situés à proximité du fleuve – notamment Valère et Tourbillon, à Sion. Les rives du fleuve ne sont jamais représentées pour elles-mêmes, sauf à l'amont de Brigue, où le caractère impétueux du Rhône est parfois mis en scène. Le tracé du Rhône est toutefois représenté, de loin, dans deux cas : soit depuis des points de vue permettant d'embrasser la plaine dans son ensemble – par exemple, la vue de la plaine de Martigny depuis le col de la Forclaz –, soit comme arrière-plan de vues urbaines – les châteaux de Sion, par exemple. Ces représentations sont toutefois peu nombreuses.

Dans leur *Voyage pittoresque de Genève à Milan par le Simplon* (1811), Gabriel Lory père et fils et Jean-Frédéric d'Osterwald publient plusieurs gravures de la plaine du Rhône, notamment une vue des châteaux de Sion en direction de l'ouest (Fig. 7), réalisée par Gabriel Lory fils. On distingue le cours libre du Rhône, en rive gauche jusqu'à Riddes, mais les informations géomorphologiques restent tout de même très ténues. Il en est de même de la vue de la plaine du Rhône depuis le col de la Forclaz établie par James Pattison Cockburn en 1819, publiée une année plus tard dans son ouvrage *Swiss scenery from drawings*. La gravure permet toutefois de constater la présence des deux bras du Rhône, en rive droite et rive gauche de la plaine (Fig. 8). Le Petit Rhône (Saxon, Charrat) présente des débits importants, une information que l'on retrouve également sur les cartes du début du XIX^e siècle.



Fig. 7 : Vue de la plaine du Rhône à l'aval de Sion. Gravure extraite du Voyage pittoresque de Genève à Milan par le Simplon, de Gabriel Lory père et fils, Paris, 1811 (© Projet ViaticAlpes, Université de Lausanne ; reproduit avec l'autorisation de la Médiathèque Valais, Sion).

Deux exemples de géomorphosites disparus

Dans cette section, nous reprenons les différentes méthodes présentées ci-dessus et les appliquons à deux études de cas : les anciennes tresses du Rhône du secteur Riddes-Saillon et les dunes éoliennes de la région de Martigny.

Les anciennes tresses du Rhône du secteur Riddes-Saillon

Le recoupement des cartes anciennes, du MNT-MO et des orthophotoplans du secteur permet d'élaborer une carte de synthèse (Fig. 9) sur laquelle apparaissent les limites de l'ancienne bande active de tressage visible en 1802 sur le plan établi par les cartographes de Napoléon. Elle est également bien visible sur le plan représenté à la figure 5. La bande active, constituée de 16 bancs, s'étendait sur plus de 3 km de longueur et occupait la majeure partie de l'actuelle rive droite du Rhône à hauteur de Saillon. Ces bancs apparaissent non végétalisés sur le Plan Napoléon et leurs dimensions et formes varient. Le banc le plus important, large en amont et affiné en aval, avait une longueur de 1740 m et une largeur maximale de 545 m, alors que le plus petit mesurait environ 100 m de long et quelques mètres de large. Ces bancs n'apparaissent plus sur la carte Dufour de 1850. L'actuel lieu-dit *Les Petits Ilots* correspond à ces anciennes îles et celui des *Grands Glariers* est situé sur l'ancien banc le plus important, qui devait être formé de

matériaux grossiers. Ainsi, ces lieux-dits trouvent leur origine dans la morphologie passée de la plaine et sont de précieux témoins du fonctionnement passé du système fluvial.



Fig. 8 : Vue de la plaine du Rhône depuis le col de la Forclaz. Gravure extraite de *Swiss scenery from drawings*, de James Pattison Cockburn, Londres, 1820 (© Projet ViaticAlpes, Université de Lausanne ; reproduit avec l'autorisation de la Médiathèque Valais, Sion).

Deux anciens bras du Rhône apparaissent clairement en rive gauche sur les plans de la première moitié du XIX^e siècle. Ils sont toujours connectés mais non actifs. Le Plan Napoléon indique l'existence de barrières installées en travers du chenal dans ces deux bras ; ces barrières sont également visibles sur le plan de la figure 4. En barrant le passage de l'eau, ces barrières avaient pour but de limiter la largeur de la bande active et ainsi gagner des terres arables pour le pâturage et l'agriculture. Il faudra encore plusieurs décennies, bien après la correction du fleuve (Fig. 5 par ex.) pour que ces chenaux secondaires formant le Vieux Rhône (Riddes) et le Petit Rhône (Saxon, Charrat) disparaissent presque complètement du paysage.

La mise en relation, dans une troisième dimension, des tomographies électriques effectuées à proximité du paléochenal de Saillon avec l'orthophoto du secteur apporte des informations supplémentaires. On peut notamment mieux visualiser la relation entre la morphologie de la surface et les résistivités élevées en profondeur observées sur les tomographies obtenues (Fig. 10). De plus, on comprend mieux l'existence de ces zones résistantes, qui, selon le Plan Napoléon et les autres plans anciens (Fig. 4), pourraient être composées du matériel grossier formant les bancs et îles délimités sur la carte. Ceux-ci, après la correction du Rhône, ont été nivelés en

surface et fossilisés dans leur partie profonde par les nombreux apports d'alluvions déposés lors de débordements du fleuve.

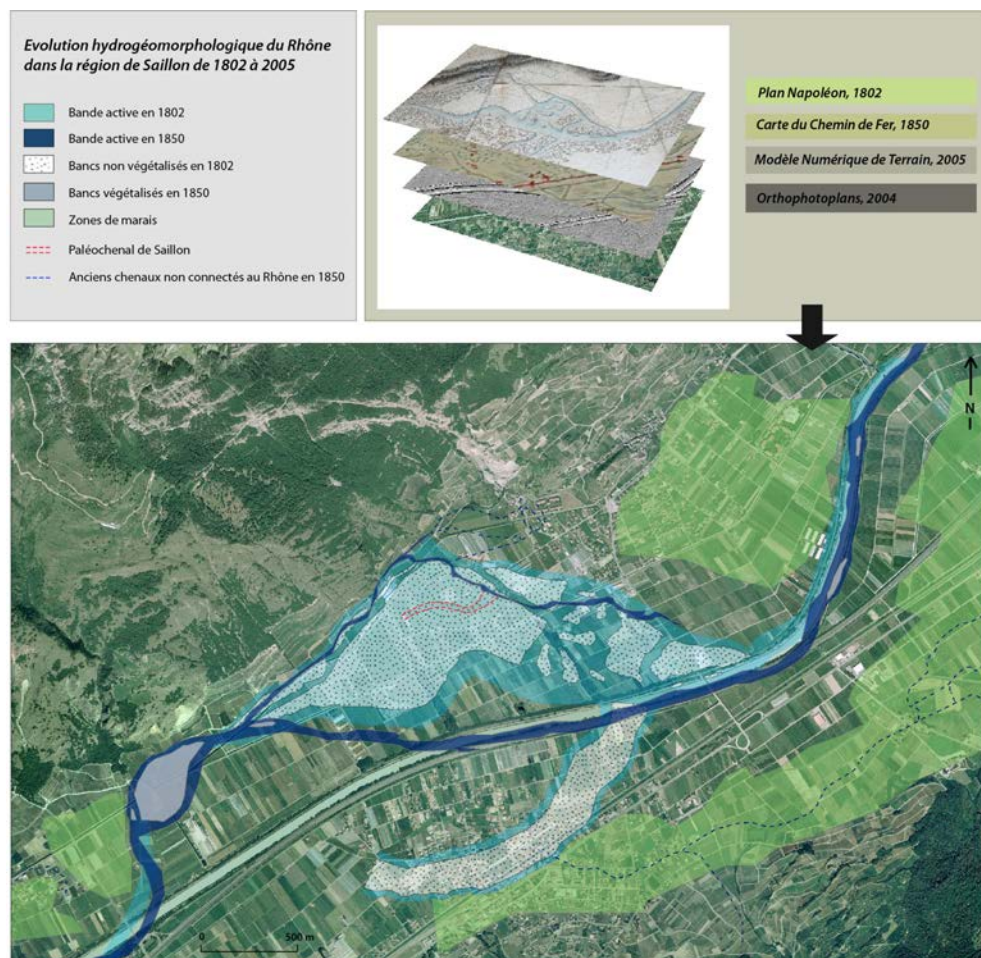


Fig. 9 : Carte de synthèse illustrant l'étendue de la bande active de tressage du secteur de Saillon en 1802 et son évolution en 1850 et dans les années 2000. Reproduit avec l'autorisation de swisstopo (BA11023).

Les dunes éoliennes des alentours de Martigny

Tout comme les bandes actives de tressage, les dunes de la plaine de Martigny constituent une forme du relief qui a totalement disparu de la région d'étude. Sur la base d'une étude bibliographique (notamment les travaux de Morlot, 1857, Gams, 1915 et Farquet, 1925, 1953) et cartographique (Maillard, 2008), il a été possible d'établir une carte des dunes de la plaine comprise entre Saillon et Martigny (Fig. 11). A part dans la région de la Sarvaz (Gams, 1915), les dunes sont localisées essentiellement dans la région comprise entre Charrat-Fully et le cône de la Dranse. Il faut y voir un triple effet du régime des vents, de la présence des anciens cours du Rhône et de la pente très faible de ce secteur (Maillard, 2008).

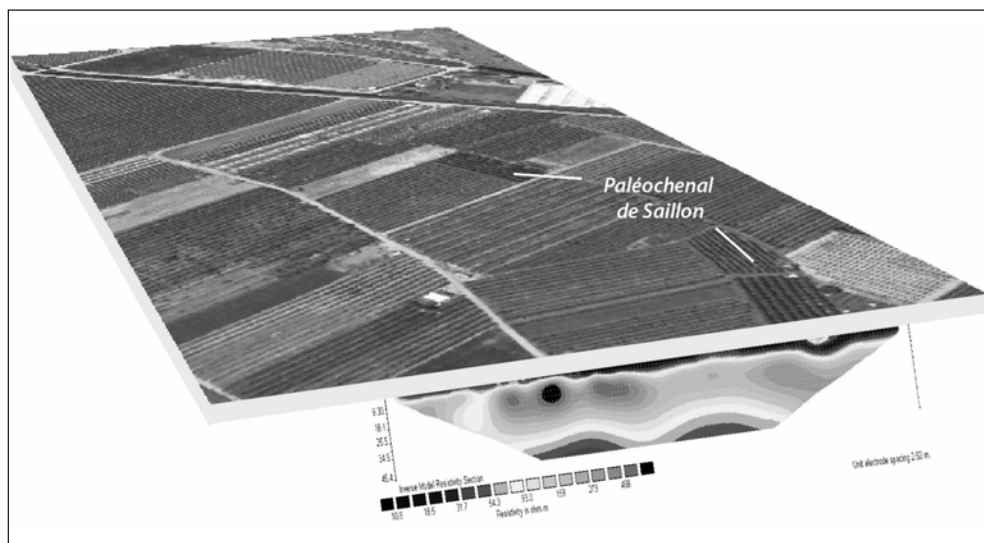


Fig. 10 : Vue en 3D de l'orthophoto du secteur de Saillon avec une tomographie des résistivités électriques obtenue par des mesures effectuées à proximité du paléochenal de Saillon. Elle présente l'avantage de pouvoir mettre en relation des observations de surface avec la structure sédimentaire supposée en profondeur.

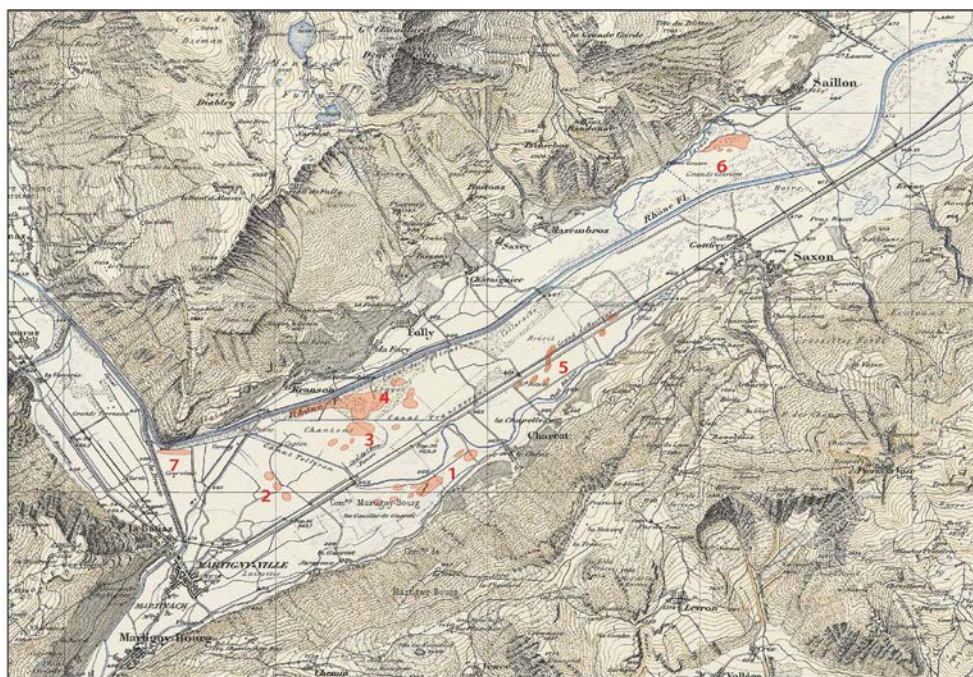


Fig. 11 : Localisation des dunes de la région de Martigny durant la première moitié du XIX^e siècle. 1. Dunes des Crettes et des Indes ; 2. Dunes des Chantons occidentaux ; 3. Dunes des Chantons orientaux ; 4. Dunes du Capiot ; 5. Dunes décrites par Morlot ; 6. Dunes de la Sarvaz ; 7.

Dunes au confluent de la Dranse et du Rhône. Selon les travaux de Morlot (1857), Gams (1915), Farquet (1925). Fond topographique : Carte Siegfried, feuille 485 Saxon (1880) et feuille 526 Martigny (1878), reproduit avec l'autorisation de swisstopo (BA11023).

L'effet éolien est lié à la situation particulière de la région, à l'amont de la cluse du Rhône – qui canalise et accélère les vents provenant de la région lémanique – et au débouché de la vallée amont du Rhône et des vallées de la Forclaz et des Dranses. Il s'ensuit des vents réguliers qui remontent la vallée du Rhône en direction de Sion provoquant un allongement des dunes parallèlement à la vallée principale (Farquet, 1953 : 132). La carte de la figure 11 montre bien que les dunes sont situées de part et d'autre des deux cours du Rhône : le Rhône principal dans la région de Fully et le Petit Rhône, entre Saxon et Charrat. Ce sont les crues du Rhône qui permettaient le dépôt de sables fins dans le lit et dans la plaine d'inondation. Ces matériaux pouvaient ensuite être remobilisés par le vent pour former des dunes de part et d'autre du lit. Morlot (1857 : 306), qui décrit les dunes de la région de Saxon, coupées par le tracé du chemin de fer, indique qu'elles sont « *constituées entièrement de sable fin, à grain bien uniforme, et sans aucun mélange de quoi que ce soit d'étranger* ». Finalement, la formation de ces dunes était favorisée par la pente extrêmement faible de ce secteur de la plaine (Maillard, 2008 : 12), qui permettait le dépôt des matériaux les plus fins. Plus à l'amont (Saillon, Riddes), les bandes actives de tressage étaient constituées de matériaux plus grossiers, transportés par le fleuve à l'aval grands cônes de la Losentse et de la Fare, ce qui était moins favorable à la création de dunes, bien qu'il en existait également, notamment dans la région de la Sarvaz.

Conclusions et perspectives

Cette recherche permet de tirer un certain nombre de conclusions concernant l'étude des « géomorphosites disparus » :

- ce type de géomorphosites peut être considéré comme une partie du patrimoine géomorphologique ayant effectivement disparu physiquement, mais dont la mémoire est conservée sous différentes formes d'archives, à la fois naturelles et culturelles. Le croisement des enseignements tirés de ces différentes archives permet de reconstituer ces formes disparues, comme nous avons pu le faire dans les deux cartes de synthèse des figures 9 et 11 ;
- les méthodes habituellement utilisées pour les études géophysiques apportent une aide précieuse dans la localisation et la caractérisation des géomorphosites disparus. Elles sont particulièrement utiles lorsque les impacts anthropiques à la surface ont complètement transformé la morphologie naturelle (nivellements, prélèvements, etc.) ;
- les archives « culturelles » offrent des enseignements variables. Dans notre étude, les documents les plus utiles sont constitués par les cartes et plans anciens et par les études scientifiques réalisées à la fin du XIX^e – début du XX^e siècle. L'étude de la toponymie est également riche d'enseignements ; elle nécessite toutefois des connaissances en linguistique qui vont au-delà des compétences de géographes. Quant aux textes littéraires – notamment

les récits de voyage – et aux représentations iconographiques, contrairement à ce qui a pu être relevé dans d'autres études, notamment sur les variations glaciaires, leur apport est ici relativement faible. L'interprétation géomorphologique de ces documents se heurte à deux problèmes. Le premier est lié à la sélection des sites, influencée par le contexte du tourisme baroque et romantique qui valorise les sites grandioses (glaciers, cascades) et pittoresques (rochers, collines, villes). Les plaines alluviales n'ont pas constitué des zones d'intérêt particulier, si ce n'est dans la description de l'état lamentable des populations locales. Le deuxième problème est lié au degré de réalisme des œuvres ; en effet, bien souvent les auteurs se contentent de recopier des descriptions de voyageurs précédents, enjolivant certains passages, etc. Quant aux représentations iconographiques, là encore leur degré de réalisme peut être très réduit.

La zone d'étude offre de multiples perspectives pour « faire parler les paysages anciens ». La prochaine étape de cette étude est de mener des analyses sédimentologiques qui permettront de caractériser les alluvions et de les caler chronologiquement.

Remerciements

Nous remercions les différentes personnes qui nous ont aidés sur le terrain, les membres du projet ViaticAlpes (responsable : Prof. Claude Reichler), pour la mise à disposition de leurs sources iconographiques, ainsi que les membres du personnel des Archives de l'Etat du Valais pour leur aide précieuse dans la recherche de documents cartographiques.

Bibliographie

- Bender G. (1996). *De la Camargue à la Californie. La plaine du Rhône et les riverains. Enjeux, débats et réalisations dans la région de Martigny, 1750-1860*. Université de Genève, Mémoire de diplôme en histoire économique, non publié.
- Bossard M., Chavan J.-P. (2006, rééd. 1986). *Nos lieux-dits. Toponymie romande*. Yens sur Morges, Cabédita.
- Bravard J.-P. (1987). *Le Rhône du Léman à Lyon*. Lyon, La Manufacture.
- Cockburn J.P. (1820). *Swiss scenery from drawings*. London, Rodwell & Martin.
- Conedera M., Vassere S., Neff C., Meurer M., Krebs P. (2007). Using toponymy to reconstruct past land use: a case study of 'brüsáda' (burn) in southern Switzerland. *Journal of Historical Geography*, 33(4), 729-748.
- Coscia I., Greenhalgh S., Linde N., Doetsch J., Marescot L., Guenther T., Vogt T., Green A. (2011). 3D crosshole apparent resistivity static inversion and monitoring of a coupled river-aquifer system. *Geophysics*, 76, G49-G59.

- Dumoulin H., Zryd A., Crispini N. (2010). *Glaciers - Passé-présent du Rhône au Mont Blanc sous le même angle*. Genève, Slatkine.
- Farquet P. (1925). Les marais et les dunes de la plaine de Martigny. *Bull. Murithienne*, 42, 113-159.
- Farquet P. (1953). *Martigny. Chroniques, sites et histoire*. Martigny, Ville de Martigny.
- Gams H. (1915). La Grande Gouille de la Sarvaz et les environs. *Bull. Murithienne*, 39, 125-186.
- Gray M. (2004). *Geodiversity. Valuing and conserving abiotic nature*. Chichester, Wiley.
- Laigre L., Arnaud-Fassetta G., Reynard E. (2009). Cartographie sectorielle du paléoenvironnement de la plaine alluviale du Rhône suisse depuis la fin du Petit Age Glaciaire : la métamorphose fluviale de Viège à Rarogne et de Sierre à Sion. *Bull. Murithienne*, 127, 7-16.
- Linde, N., Pedersen, L.B. (2004). Evidence of electrical anisotropy in limestone formations using the RMT technique. *Geophysics*, 69, 909-916.
- Longhi A. (2008) (éd.). *Cadastrés et territoires. L'analyse des archives cadastrales pour l'interprétation du paysage et l'aménagement du territoire*. Florence, Alinea.
- Lory G. père, Lory G. fils, d'Osterwald J.-F. (1811). *Voyage pittoresque de Genève à Milan par le Simplon*. Paris, Didot.
- Maillard B. (2008). *Les dunes de la plaine du Rhône*. Lausanne, Institut de Géographie. Travail personnel de recherche (non publié).
- Marescot L., Liaci S., Chapellier D. (2003). Etude géoélectrique des cours d'eau interglaciaires à l'Ouest de la ville de Fribourg (Suisse). *Eclogae geologicae Helvetiae*, 96, 261-273.
- Morlot A. (1857). Les dunes de sable mouvant de Saxon en Valais. *Bull. Soc. Vaud. Sc. Nat.*, 41, 306-307.
- Panizza M. (2001). Geomorphosites: concepts, methods and example of geomorphological survey. *Chinese Science Bulletin*, 46, Suppl. Bd, 4-6.
- Petit S. (2008). L'étude des paysages alluviaux par les techniques de l'écologie du paysage : l'exemple de la rivière Allier. In Boumédiène F., Couegnas N. (eds). *Paysages et valeurs : de la représentation à la simulation*, Actes de colloque, [publié en ligne : <http://revues.unilim.fr/nas/document.php?id=2471>, consulté le 1^{er} février 2011).
- Pitteloud A. (2010). *Le voyage en Valais. Anthologie des voyageurs et des écrivains de la Renaissance au XX^e siècle*. Lausanne, L'Age d'Homme.
- Reichler C., Ruffieux R. (1998). *Le voyage en Suisse. Anthologie des voyageurs français et européens de la Renaissance au XX^e siècle*. Paris, Laffont.
- Reynard E. (2009). Les sources cartographiques pour l'histoire du Rhône valaisan. In Reynard E., Evéquoz-Dayen M., Dubuis P. (eds). *Le Rhône : dynamique, histoire et société*. Sion, Cahiers de Vallesia 21, 63-71.
- Reynard E., Coratza P., Regolini-Bissig G. (2009a). *Geomorphosites*. Munich, Pfeil.
- Reynard E., Arnaud-Fassetta G., Laigre L., Schoeneich P. (2009b). Le Rhône alpin vu sous l'angle de la géomorphologie : état des lieux. In Reynard E., Evéquoz-Dayen M., Dubuis P. (eds). *Le Rhône : dynamique, histoire et société*. Sion, Cahiers de Vallesia 21, 75-102.
- Schoeneich P. (2009). Histoire des aménagements du Rhône et de la plaine dans le Chablais. In Reynard E., Evéquoz-Dayen M., Dubuis P. (eds). *Le Rhône : dynamique, histoire et société*. Sion, Cahiers de Vallesia 21, 151-175.

- Stäuble S. (2009). Evolution de la plaine du Rhône suisse du début du XIX^e siècle à nous jours : étude cartographique dans le Valais central. In Reynard E., Evéquoz-Dayen M., Dubuis P. (eds). *Le Rhône : dynamique, histoire et société*. Sion, Cahiers de Vallesia, 21, 167-175.
- Stäuble S., Martin S., Reynard E. (2008). Historical mapping for landscape reconstruction : examples from the Canton of Valais (Switzerland). In : *Mountain Mapping and Visualisation*, Proceedings of the 6th ICA Mountain Cartography Workshop, 11-15 February 2008, Lenk, Switzerland, 211-217.
- Stäuble S., Reynard E. (2005). Evolution du paysage de la plaine du Rhône dans la région de Conthey depuis 1850. Les apports de l'analyse des cartes historiques. *Vallesia*, 60, 433-456.
- Swisstopo (2007). Géodonnées. *Geodata-news*, 14.
- Zanini F., Zanini E., Weber C., Schlaepfer R. (2006). Analyse de la dynamique du paysage de la plaine du Rhône de 1850 à 2003 sur la base de cartes topographiques. *Bull. Murithienne*, 124, 89-98.

La protection des géotopes et le géotourisme : des intérêts contradictoires ou une préoccupation commune ?

Heidi Megerle ¹
Anja Beuter ²

¹ Professur für Angewandte
Geographie und Planung
Hochschule für Forstwirtschaft Rottenburg
Schadenweilerhof
D – 72108 Rottenburg am Neckar

² Ministerium für Umwelt
Klima und Energiewirtschaft
Kernerplatz 9
D – 70182 Stuttgart

E-mails:
megerle@hs-rottenburg.de
anja.beuter@um.bwl.de

Introduction

Contrairement aux formes de tourisme mettant l'accent sur les potentiels naturels biologiques (faune, plantes, paysages naturels), les thématiques géologiques, géomorphologiques et paléontologiques constituent des thèmes nouveaux d'un point de vue touristique.

L'origine de cette évolution se trouve dans la création des premiers géoparcs dans les années 1990. Les géoparcs combinent des offres touristiques avec des stratégies de développement durable et des mesures de protection des formations géologiques d'un territoire. Auparavant, le géotourisme consistait principalement en des excursions dans le but de collecter des échantillons dans des régions riches en minéraux ou en fossiles. Ceci avait des conséquences négatives pour le patrimoine naturel et géologique des zones concernées.

La protection des géotopes, « enfant mal aimé » de la protection de la nature

Jusqu'à présent, la protection de la nature a souvent été assimilée à la conservation du potentiel biologique. Alors que la protection du patrimoine biologique est acceptée par le grand public, la protection du patrimoine géologique reste en général un débat académique (Zouros, 2009 : 105 ; Decrouez, 2010 : 4). Ceci explique que des sites géologiques d'une importance mondiale, comme le site fossilifère de Messel (Allemagne) ou la gorge de Bilston Burn (Ecosse), aient été envisagés comme des terrains idéaux pour l'installation de décharges. Pourtant, pour prendre le cas de l'Allemagne, les conventions de protection des formations géologiques sont très anciennes. Déjà en 1836, l'exploitation de trachyte au Drachenfels, dans le massif schisteux rhénan, fut stoppée suite à l'intervention du roi prussien en vue de protéger les paysages volcaniques de la destruction. En 1840, Ludwig I décréta la protection de la gorge du Danube près de Weltenburg car les « roches romantiques » étaient menacées par une carrière. Ainsi, il créa la première réserve naturelle de Bavière (Glaser & Lagally, 2003a : 44). Et le premier parc national au monde, celui du Yellowstone, créé en 1872, concernait principalement le potentiel géologique (Vollmer, 2008 : 194).

Malgré cela, la protection des géotopes n'a souvent pas été intégrée formellement dans les législations nationales sur la protection de la nature jusqu'à ce jour. C'est le cas par exemple en Allemagne. Même dans la nouvelle version de la loi fédérale sur la protection de la nature datant de 2010, on ne trouve pas la notion de « protection des géotopes ». Par conséquent, les géotopes ne sont protégés que lorsqu'ils sont classés comme biotopes particulièrement dignes de conservation (article 30 de la loi) ou comme « monuments naturels ». Tandis que les côtes rocheuses sont répertoriées dans l'article 30, des témoins de l'histoire de la Terre comme les drumlins ou les dolines sont absents de cette liste puisqu'ils ne constituent pas forcément des habitats pour les espèces animales ou des plantes menacées. La structure fédérale de l'Allemagne a pour conséquence la diversification de conventions de protection des gise-

ments fossilifères. Par exemple le site fossilifère de Holzmaden, qui a une importance géologique mondiale, tombe sous le coup de la loi sur la protection des monuments du Land Bade-Wurtemberg.

Les sites géologiques ne sont inscrits que depuis récemment sur la Liste du patrimoine mondial de l'UNESCO et uniquement s'ils représentent une formation particulièrement intéressante. Ainsi, Uluru (Australie) a obtenu ce statut en 1987. En 1996, les colonnes basaltiques de la Chaussée des Géants en Irlande du Nord ont été inscrites au patrimoine mondial par l'UNESCO comme premier site géologique en Europe. En Allemagne, le site fossilifère de Messel est le seul site géologique qui soit classé au patrimoine naturel mondial. Depuis 2002, la Vallée du Haut-Rhin moyen est inscrite sur la liste du patrimoine mondial comme paysage culturel. À côté du patrimoine culturel, ce sont aussi les formations du paysage fluvial qui ont joué un rôle décisif pour l'inscription.

Le retard dans la protection des géotopes par rapport au développement de la protection des espèces animales et des plantes rares est d'autant plus étonnant que de nombreux géotopes sont – contrairement à divers habitats biotiques – pratiquement irremplaçables, du fait de leur genèse. La perte d'un géotope signifie toujours une perte d'informations sur l'histoire de la Terre.

Toutefois, au vu du grand nombre de géotopes dispersés dans l'espace, des mesures de protection légale ne pourraient concerner que les formations uniques les plus précieuses. C'est pourquoi le développement d'une « conscience géologique » est indispensable pour une protection généralisée des géotopes. Cela suppose une sensibilisation du grand public sur la valeur et la vulnérabilité des géotopes. Le développement du géotourisme peut y contribuer.

Les géoparcs comme destinations d'un tourisme durable

Contrairement aux sites naturels de nature biologique, les organisateurs touristiques n'ont commencé que récemment à s'intéresser de plus près au domaine « géo ». Cette évolution a été soutenue principalement par le mouvement international visant à la création de géoparcs par la labellisation de vastes territoires comprenant des géotopes de grande valeur en vue de fournir des destinations pour un tourisme durable de plus en plus demandé.

Les géoparcs reposent sur une idée nouvelle qui associe le développement durable à des régions présentant des géotopes très intéressants (Frey & Mattig, 2004 : 231). Bien que l'homophonie des appellations « géoparc », « parc naturel régional » et « parc national » fasse penser à des conventions de protection similaires, les géoparcs – contrairement aux autres – ne reposent toutefois pas sur une convention de protection imposée par la loi, mais constituent plutôt un label de qualité pour des sites qui possèdent un patrimoine géologique particulièrement riche.

En 1994, le Géoparc Gerolstein, dans la région de l'Eifel, a été le premier géoparc créé en Allemagne. A l'échelle européenne, la Réserve géologique de Haute Provence, le Géoparc de la forêt pétrifiée de Lesbos (Grèce), le Parc culturel Maestrazgo (Espagne) et le Géoparc Gerolstein / Eifel volcanique établissent en juin 2000 le Réseau des géoparcs européens (Mc Keever et al., 2010 : 21). A l'aide du programme européen LEADER, les quatre membres fondateurs ont pu développer l'appellation et la marque « European Geopark » au sein du projet « Développement du géotourisme en Europe ». Entre temps, cette marque a été protégée dans tous les pays de l'Union européenne (European Geoparks Network, 2002). L'enregistrement se fait sur la base d'un dossier de candidature détaillé et une évaluation a lieu tous les quatre ans. Aujourd'hui, le réseau compte 43 sites (www.europeangeopark.org, consulté le 19 mai 2011).

Le réseau définit un « géoparc européen » comme un territoire disposant d'un patrimoine géologique exceptionnel ainsi qu'une stratégie de développement territorial durable (Zouros, 2004). Le territoire doit avoir des limites clairement définies et un potentiel de développement économique. En plus de ces lieux d'importance exceptionnelle pour le patrimoine géologique, il est nécessaire que les curiosités archéologiques, écologiques et culturelles soient mises en valeur et qu'elles soient reliées dans un réseau.

Les géoparcs européens visent les objectifs suivants :

- l'éducation à l'environnement pour tous les publics, mettant l'accent sur des thèmes géologiques spécifiques au territoire ;
- l'encouragement du développement territorial durable ;
- la création d'une mise en valeur régionale par des offres géotouristiques durables ;
- le soutien et l'encouragement de la recherche scientifique au sein du parc.

En février 2004, un réseau global de géoparcs nationaux a été créé par l'UNESCO à Paris. Ce réseau devait tout d'abord servir de plateforme de coopération et de transfert de savoir-faire afin de donner une reconnaissance mondiale aux géoparcs participants. L'idée initiale de créer un programme de l'UNESCO sur les géoparcs, comparable au patrimoine mondial de l'UNESCO, s'est brisée face à des problèmes financiers. En octobre 2010, le réseau comprenait 77 sites (www.unesco.org, consulté le 19 mai 2011).

Le géotourisme : une chance ou un risque pour la protection des géotopes ?

Les géoparcs en particulier et le géotourisme en général sont forcement dépendants de la protection et de la conservation de la qualité des sites géologiques qui les concernent. Les conséquences dramatiques du tourisme de collection des fossiles et des minéraux mises à part, la plupart des formes de tourisme durable ne posent pas de problèmes pour le potentiel géologique de la destination (Hose, 2006 : 183). Les géotopes ont souvent une vulnérabilité moindre par rapport aux végétaux ou à cer-

taines espèces animales. De plus, on observe une sensibilisation croissante des visiteurs des géoparcs à l'aide des offres « géodidactiques ». Le degré et la forme des impacts du géotourisme sur les géotopes sont liés à divers facteurs :

- le nombre de visiteurs ;
- la vulnérabilité du patrimoine géologique par rapport aux activités touristiques ;
- le mode de protection du site ;
- la conscience et la sensibilité des visiteurs à la protection des géotopes.

Dans le cadre de la mise en valeur géotouristique d'un territoire, une prise en considération précoce est décisive pour une protection effective des géotopes. Déjà en amont, il est nécessaire d'effectuer une analyse complète du potentiel géotouristique, basée sur les critères suivants (Megerle & Schrembs, 2009 : 253) :

- l'*accessibilité* : détermination de la longueur du chemin le plus court du point d'arrêt des transports en commun ou du parking le plus proche ; le relief est également pris en considération ;
- l'*intérêt* des géotopes, qui repose d'un côté sur leur apparence extérieure et sur la fascination qu'ils engendrent et de l'autre sur la possibilité pour le public de découvrir de façon claire des faits géologiques et géomorphologiques ;
- la *sécurité* des visiteurs, facteur particulièrement pertinent lorsqu'il s'agit de géotopes comme des grottes ;
- la *garantie de la protection des géotopes* : l'intégration de géotopes de grande valeur mais fragiles, dont la protection et la conservation ne sont pas garanties, est exclue afin de préserver ces géotopes ;
- les limites de *capacité* d'un géotope, qui doivent être vérifiées avant l'intégration dans un projet touristique ;
- la *proximité* d'autres géotopes, qui constitue un facteur important pour la création d'offres touristiques incluant plusieurs géotopes.

Par conséquent, il ne faut pas mettre en valeur des géotopes présentant une grande vulnérabilité et dont la conservation n'est pas garantie. Pour les géotopes résistants mais cependant sensibles, il s'agit de mettre en place des stratégies restrictives ou des concepts de surveillance des visiteurs adaptés aux limites de capacité spécifiques. Ces stratégies doivent aller de pair avec une stratégie d'interprétation approfondie visant à garantir la sensibilisation des visiteurs (Megerle, 2008a). Après la réalisation du parc, il faudra également assurer une évaluation et si nécessaire un ajustement des règlements (voir également Pralong, 2005).

Le géoparc Harz (Röber & Zellmer, 2004 : 56) ou la Réserve géologique de Haute Provence (Megerle, 2008b : 172 ss.) sont des exemples de mise en œuvre d'une stratégie adéquate, permettant de développer une offre géotouristique sans effets négatifs pour la protection des géotopes. Au contraire, grâce à une intervention ciblée, on a pu créer un avantage économique pour les régions. Nous présentons ci-dessous deux exemples moins positifs.

L'exemple de Pamukkale (Turquie)

Les fameuses terrasses de travertin de Pamukkale (Turquie) sont formées par la précipitation d'eaux chaudes carbonatées et sont inscrites sur la liste du patrimoine mondial de l'UNESCO depuis 1988. Pour la région rurale souffrant d'infrastructures insuffisantes autour de la petite ville de Pamukkale, les terrasses de travertin sont la curiosité touristique principale. Avec plus d'un million de visiteurs par an, les terrasses représentent pour la situation économique de cette région une valeur ajoutée significative. Mais comme au début de l'affluence touristique croissante, la conscience de la vulnérabilité des terrasses de travertin n'existait pas encore, on a construit non seulement des hôtels sur les terrasses travertineuses – les bassins de travertin revêtaient alors entre autres la fonction de terrasses et de piscines privées – mais on a également transpercé les dépôts de travertin pour aménager une voie d'accès. Mis à part les effets directs, les résidences hôtelières ont également modifié l'alimentation très sensible en eau, qui est essentielle pour la conservation des terrasses de travertin. D'une part, l'approvisionnement en eau des terrasses a faibli en raison de son captage pour l'alimentation des hôtels situés au-dessus des terrasses. D'autre part, les eaux usées des hôtels étaient canalisées directement à travers les terrasses, ce qui a entraîné le développement d'algues qui ont changé la couleur naturellement blanche du travertin (Fig. 1). Des dégradations supplémentaires ont été causées par l'effet mécanique des pas des nombreux visiteurs, puisque il n'existait ni surveillance des visiteurs ni restriction d'accès. Finalement, certains produits chimiques (par ex. les crèmes solaires) véhiculés par les baigneurs ont également nui aux travertins.

En raison de la haute importance économique des terrasses de travertin pour la région, à laquelle a été ajoutée la menace de l'UNESCO d'en supprimer le statut de patrimoine mondial, des mesures de protection étendues ont été prises. Les hôtels et la route dans la zone des terrasses de travertin ont été détruits, l'alimentation en eau a été améliorée et une certaine surveillance des visiteurs a été introduite (Fig. 2).

Des terrasses artificielles ont également été aménagées dans la zone de l'ancienne route, qui développe un phénotype naturel grâce au dépôt du travertin (Fig. 3). Une amélioration de la situation est bien visible.

Divers problèmes subsistent toutefois. Le nombre de visiteurs en haute saison est toujours situé au-dessus de la capacité et la surveillance des visiteurs reste peu restrictive ; il est ainsi toujours possible de marcher sur une vaste zone des terrasses. Par ailleurs, il manque des mesures d'éducation. Tandis que du matériel d'interprétation pour la ville antique de Hierapolis, située au-dessus des terrasses, existe, en 2008 on ne trouvait aucune information sur la formation, la valeur et les menaces pesant sur les terrasses de travertin. Un unique panneau, peu informatif (Fig. 2), doit empêcher les visiteurs de marcher sur les zones les plus dégradées. Il est ici urgent d'agir, en particulier en raison du comportement de certains visiteurs (Fig. 4).



Fig. 1 : Changement de la couleur naturelle du travertin lié au développement d'algues sur le site de Pamukkale (Turquie).
Cliché : Heidi Megerle, 2008.



Fig. 2 : Le seul panneau d'interdiction, sur le site de Pamukkale, peu informatif.
Cliché : Heidi Megerle, 2008.



Fig. 3 : Terrasses artificielles dans la zone de l'ancienne route sur le site de Pamukkale.
Cliché : Heidi Megerle, 2008.



Fig. 4 : Visiteurs à Pamukkale.
Cliché : Heidi Megerle, 2008.

L'exemple des chutes de Bad Urach (Géoparc du Jura souabe, Allemagne)

Les chutes de Bad Urach et de Güterstein sont les attractions touristiques principales de la ville de Bad Urach, située dans le Géoparc du Jura souabe (Allemagne). Les deux chutes ont pris place dans les couches du Jurassique supérieur. Elles doivent leur formation à une alternance de couches perméables de calcaire et de couches imperméables de marne. L'eau de pluie s'infiltre sur le plateau. Chargée de calcaire, elle émerge de la roche dans les couches de marne. Le calcaire précipite, formant des habitats dynamiques, avec des terrasses de tuf et des chutes d'eau constructives, qui construisent des dépôts de tuf. Avec une croissance de 1 à 3 cm par an, les chutes de Güterstein comptent parmi les sites créateurs de tuf les plus productifs du Jura souabe.

A cause de l'exploitation du tuf calcaire comme pierre de construction recherchée pendant de longues années, les deux chutes se présentent aujourd'hui dans une forme fortement marquée par l'homme. De plus, la chute de Bad Urach a été soumise à une « action d'embellissement touristique » au XIX^e siècle : de nombreux affluents ont été réunis en un seul cours d'eau canalisé qui chute sur presque 40 m dans le vide aujourd'hui (Megerle 2004 : 53 ss.).

Les deux chutes attirent environ 50 000 visiteurs par année (Manow, 2009), sachant que la plupart des visiteurs se rendent à la chute de Bad Urach, qui est la plus attractive et la plus accessible. En haute saison, on y trouve une restauration simple, qui fait augmenter l'attractivité comme but d'excursion. Le grand nombre de visiteurs associée à la vulnérabilité du tuf calcaire a pour conséquences d'énormes atteintes au potentiel géologique (Fig. 5 et 6).

Dans le cadre d'un projet de recherche en cours (Beuter, 2010), une vaste enquête a été menée sur la structure des visiteurs, sur les conflits principaux et sur la nécessité d'agir. En comparant les résultats de cette enquête avec le travail de Schrembs (2009), il a été possible de développer un catalogue de critères permettant d'estimer l'aptitude des géotopes à l'intégration dans des offres géotouristiques, sur la base d'une analyse cartographique des potentiels dans le terrain (Tabl. 1).



Fig. 5 : Atteintes aux tufs calcaires à Bad Urach. Cliché : Heidi Megerle, 2010.

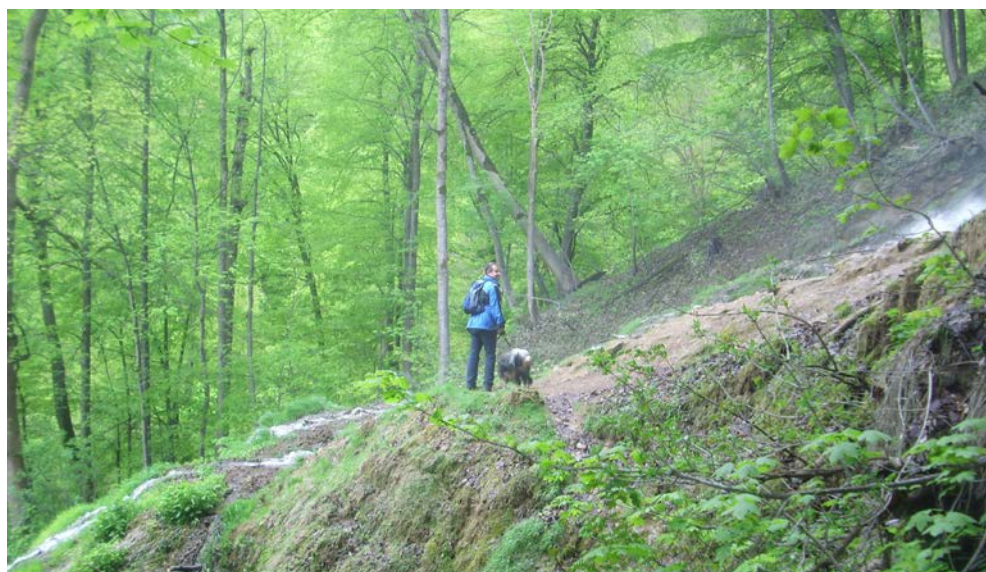


Fig. 6 : Visiteur dans une zone interdite d'accès du tuf calcaire de Bad Urach. Cliché : Heidi Megerle, 2010.

Patrimoine géologique	Accessibilité	Interprétation	Sécurité	Protection	Capacité	Proximité	Évaluation totale
Cascade de Güters							
Grotte de l'éléphant							
Doline «Rutschen»							
Légende :  Potentiel bon  Potentiel moyen  Potentiel mauvais							

Tabl. 1 : Catalogue des critères permettant d'estimer l'aptitude des géotopes à l'intégration dans les offres géotouristiques.

La carte de la figure 7 montre qu'il existe une concentration des visiteurs surtout dans la zone des deux chutes d'eau et sur leurs chemins d'accès, ce qui est compréhensible dans la mesure où les chutes constituent une raison de visite du territoire pour 40 % des sondés.

La grande majorité des visiteurs ne reste qu'un jour et vient de l'agglomération de Stuttgart. Plus des deux tiers des visiteurs ont déjà visité Bad Urach à plusieurs reprises, 37 % d'entre eux plus de 20 fois. Par conséquent, la plupart des visiteurs ne se sont pas renseignés en avance, contrairement aux nouveaux visiteurs, dont 67 % se sont renseignés avant leur visite. Indépendamment du degré d'information, le gros des visiteurs est sensible aux intérêts de la protection de la nature. La sensibilité de l'espace naturel a été estimée élevée à très élevée respectivement par 58 % et 10 % des visiteurs (Fig. 8). La majorité des sondés (90 %) savait qu'elle se trouve dans une réserve naturelle et 45 % connaissaient en plus sa désignation comme Réserve de biosphère. La labellisation en tant que géoparc, par contre, est comparativement moins connue (trois quarts des sondés ne connaissaient pas le terme « géoparc » (Erath & Henkel, 2005 : 46), ce qui pourrait être mis sur le compte de l'absence d'information à ce sujet sur place.

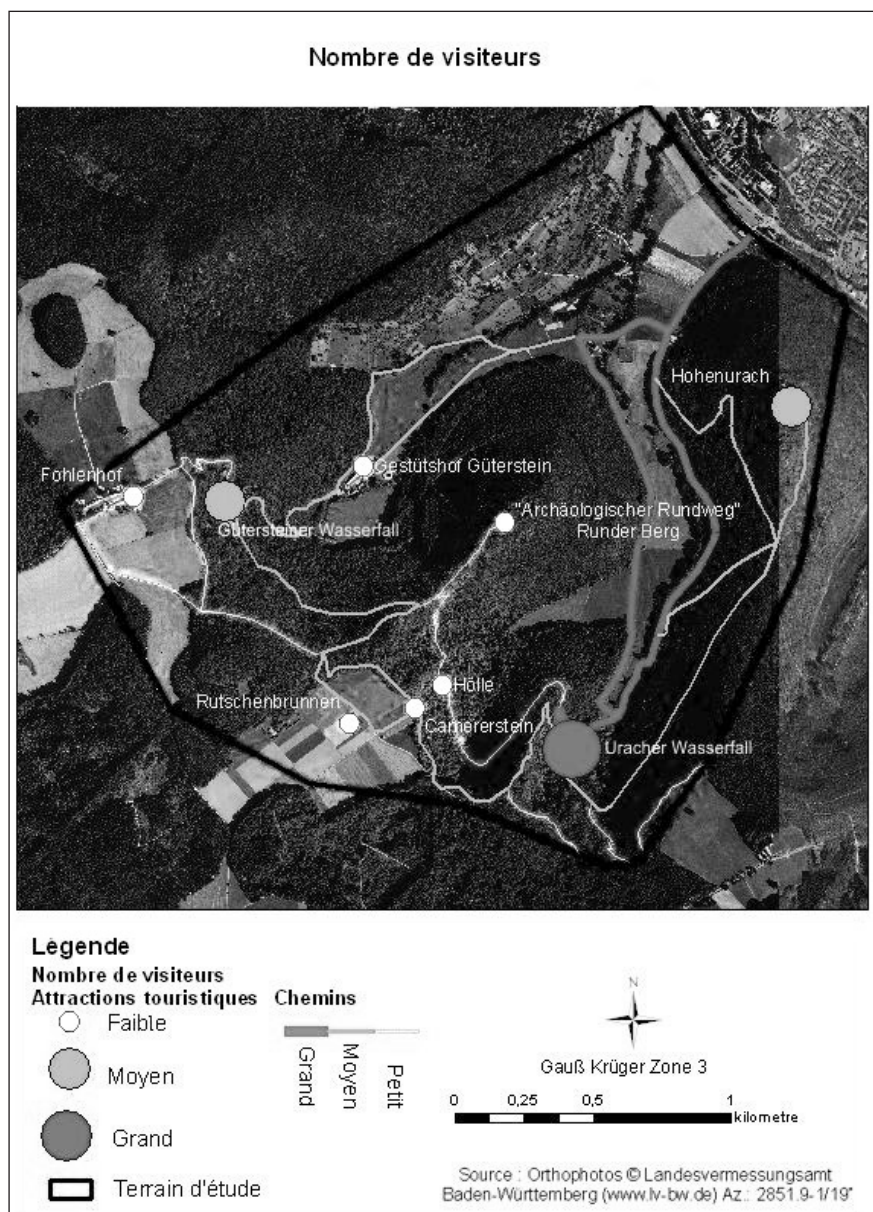


Fig. 7 : Concentration géographique des visiteurs dans la région (Beuter, 2010, modifié).

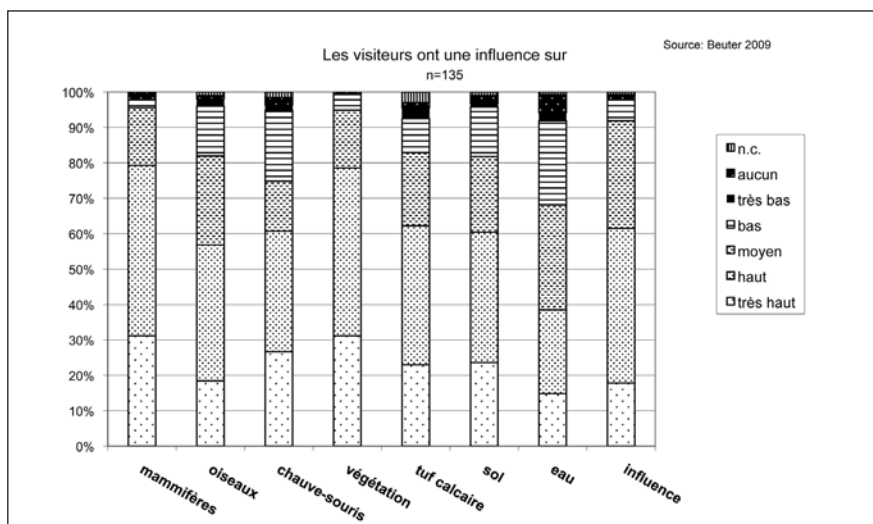


Fig. 8 : Sensibilité de l'espace naturel estimée par les visiteurs (Beuter, 2010, modifié).

Comme cela est visible sur les figures 5 et 6, les atteintes aux formations de tuf calcaire sont telles que la nécessité d'agir est élevée (Fig. 9), non seulement pour conserver l'écosystème sensible mais aussi les « géoattractions » principales du territoire. Des mesures de surveillance des visiteurs seraient une possibilité d'améliorer la situation. Ces mesures devraient offrir des alternatives attractives tout en mettant sur pied des restrictions d'accès aux zones très sensibles. Elles devraient également être combinées avec des mesures d'interprétation sous forme d'offres « impersonnelles » (panneaux, brochures) sur les lieux de visite, mais également sous forme d'offres plus personnalisées, telles que la mise sur pied de guides ayant une formation spéciale ou de rangers informant les visiteurs ayant un comportement inadapté. Aujourd'hui, aucune information ni sur la valeur du site, ni sur la vulnérabilité du tuf calcaire, n'est visible sur le site.

Pour compléter les mesures présentées ici, la chute de Bad Urach est tout trouvée pour servir de terrain d'essai pour tester de nouveaux médias d'éducation à l'environnement. Les enquêtes de Beuter (2010 : 97) démontrent que les personnes jeunes sont notamment ouvertes à l'usage des nouveaux médias. Ainsi, des groupes-cibles différents des publics visés par les médias traditionnels pourront être atteints et l'interprétation peut également être adaptée aux besoins saisonniers.



Fig. 9 : Nécessité d'agir dans la région de Bad Urach (Beuter, 2010, modifié).

Conclusion

Les offres géotouristiques peuvent créer une valeur ajoutée notable en matière économique par la valorisation du potentiel géologique *convenable* (Megerle & Schrembs, 2009). Puisque les géotopes intégrés sont la base d'un géotourisme prospère, il est

dans l'intérêt de l'organisateur touristique de conserver ces géotopes. En combinaison avec des offres géodidactiques visant à sensibiliser les visiteurs à la valeur des géotopes, le géotourisme peut même contribuer à l'amélioration de la protection des géotopes. La protection des géotopes peut ainsi favoriser le géotourisme et vice versa, étant donné que la conservation des ressources est dans l'intérêt de toutes les parties concernées (Glaser & Lagally, 2003b : 19).

Alors que de nombreux géotopes sont à peine influencés, les géotopes très sensibles – par exemple le tuf calcaire ou les terrasses de travertin, dans les exemples choisis – qui attirent un grand nombre de visiteurs, présentent des atteintes graves à leur intégrité (voir aussi Hobléa, 2009 : 194 ss.). Dans ces cas, il est important de développer des concepts de surveillance des visiteurs combinant des offres « positives » et des mesures de restriction d'accès aux zones sensibles.

Bibliographie

- Beuter A. (2010). *Einsatz neuer Methoden zur Besucherlenkung im Biosphärengebiet Schwäbische Alb – am Beispiel des Uracher Wasserfalls*. Univ. Diplomarbeit, Universität Tübingen.
- Decrouez D. (2010). Géodiversité contre biodiversité, géotope contre biotope. *Géologues*, 165, 4-7.
- Erath J., Henkel S. (2005). *Gästebefragung auf der Schwäbischen Alb*. Univ. Diplomarbeit, Berufsakademie Weingarten.
- Frey M.-L., Mattig U. (2004). Von der Idee zur Umsetzung: Organisation, Finanzierung und Management von Geoparks. Ausgewählte nationale und europäische Beispiele. In Jacobs F., Röhling H., Uhlmann O. (eds). *GeoLeipzig 2004 – Geowissenschaften sichern Zukunft*, Kurzfassungen der Vorträge und Poster, 231.
- Glaser S., Lagally U. (2003a). Geologische Erlebniswelten in Bayern. In Quade H. (ed.). *Geoforum 2003. Geotope – Geoparks – Geotourismus*. Schriftenreihe der Deutschen Geologischen Gesellschaft, 25, 43-47.
- Glaser, S., Lagally U. (2003b). Geotope – Schutzobjekte und Touristenmagnete. In Jordan P., Heinz R., Heizmann P., Hipp R., Imper D. (eds). *Geotope, wie schützen / Geotope, wie nutzen*. Schriftenreihe der Deutschen Geologischen Gesellschaft, 31, 19-24.
- Hobléa F. (2009). Karstic geomorphosites: managing subterranean natural-cultural heritage sites. In Reynard E, Coratza P., Regolini-Bissig G. (eds). *Geomorphosites*, München, Pfeil, 189-200.
- Hose T. (2006). Geotourism and interpretation. In Dowling R., Newsome D. (eds). *Geotourism*, Amsterdam, Elsevier, 221-241.
- Manow, Kurverwaltung Bad Urach (2009). *Schriftliche Mitteilung zu Gästezahlen in Bad Urach*, Information écrite du 21 août 2009.
- Mc Keever P., Zouros N., Patzak M. (2010). Les géoparcs nationaux : un réseau global de l'UNESCO. *Géologues*, 165, 21-23.
- Megerle H. (2004). *Rund um den Runden Berg*. Reutlingen, Schwäbischer Albverein (Expedition Schwäbische Alb, Band 4).
- Megerle H. (2008a) (ed.). *Geotourismus. Innovative Ansätze zur touristischen Inwertsetzung*

- und nachhaltigen Regionalentwicklung*. Rottenburg am Neckar, Kersting.
- Megerle H. (2008b). Die Réserve naturelle géologique de Haute Provence – ein Initiator der Europäischen Geopark-Bewegung. In Megerle H. (ed.). *Geotourismus. Innovative Ansätze zur touristischen Inwertsetzung und nachhaltigen Regionalentwicklung*, Rottenburg am Neckar, Kersting, 165-174.
- Megerle H., Schrembs R. (2009). Ökonomische Effekte in den europäischen Nationalen Naturlandschaften – Beiträge der Geoparke und des Geotourismus für eine nachhaltige Regionalentwicklung. In Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt (ed.). *Weltnaturerbe Buchenwälder*, Saalfeld, 247-257.
- Pralong J.-P. (2005). A method for assessing tourist potential and use of geomorphological sites. *Géomorphologie*, 3, 189-196.
- Röber S., Zellmer H. (2004). Geotope im Konflikt zwischen Schutz und Nutzung. In Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern (ed.). *Geotopschutz – Chancen zur nachhaltigen Entwicklung von Regionen in Europa*, 8. Internationale Tagung der Fachsektion GEOTOP der Deutschen Geologischen Gesellschaft, Tagungsband und Exkursionsführer, Stralsund, 56.
- Schrembs R. (2009). *Geotouristisches Potential von Karsterscheinungen der Schwäbischen Alb – am Beispiel des Gemeindegebietes von Bad Urach*. Unv. Diplomarbeit, Geographischen Institut der Universität Tübingen.
- Vollmer L. (2008). Der Yellowstone-Nationalpark – ein Großschutzgebiet für den Geotourismus. In Megerle H. (ed.). *Geotourismus. Innovative Ansätze zur touristischen Inwertsetzung und nachhaltigen Regionalentwicklung*, Rottenburg am Neckar, Kersting, 193-202.
- Zouros N. (2004). The European Geoparks Network. Geological heritage protection and local development. *Episodes*, 27(3), 165-171.
- Zouros N. (2009). Geomorphosites within geoparks. In Reynard E., Coratza P., Regolini-Bissig G. (eds.). *Geomorphosites*, München, Pfeil, 105-118.

Webographie

www.europeangeoparks.org : site internet du Réseau des géoparcs européens
www.unesco.org : site hébergeant le Réseau global des géoparcs nationaux

Reconstitution des principaux stades glaciaires du Chablais : base scientifique pour la valorisation d'un patrimoine glaciaire régional

Amandine Perret ^{1,2}
Emmanuel Reynard ¹
Jean-Jacques Delannoy ²

¹ Institut de géographie
Université de Lausanne
Anthropole
CH – 1015 Lausanne

² Laboratoire Environnements
Dynamiques et Territoires de Montagne
(EDYTEM)
Université de Savoie/UMR 5204/CNRS
Campus scientifique
F – 73376 Le Bourget-du-Lac

E-mails:
amandine.perret@univ-savoie.fr
jean-jacques.delannoy@univ-savoie.fr
emmanuel.reynard@unil.ch

Introduction : la valorisation des formes du relief

Le Chablais est déglacé dans sa quasi-totalité depuis la fin du stade isotopique 2, soit environ 12 000 BP. Pourtant, c'est dans cette région dépourvue de glace que des chercheurs du milieu du XIX^e siècle ont reconnu les traces d'une, puis de plusieurs glaciations (De Charpentier, 1841 ; Morlot, 1859), d'extension bien plus importante que celle laissée par les glaciers du Petit Age Glaciaire. Cette découverte a reposé sur l'observation de différents témoins conservés, tels que les blocs erratiques surplombant la plaine du Rhône ou les dépôts morainiques des vallées des Dranses. L'ensemble de ces héritages a permis de remonter au dernier grand cycle glaciaire (SIO5-SIO2) (Burri, 1963 ; Schoeneich, 1998 ; Triganon, 2002 ; Triganon et al., 2005), voire à des extensions bien antérieures (SIO7 et antérieur) (Arn, 1984 ; Guiter, 2003 ; Bezat-Grillet, 2008).

Cette richesse, bien que constitutive du paysage et entrant dans de nombreux aspects de la vie quotidienne des Chablaisiens, est mal connue, tant des habitants que des touristes. Cette ignorance peut devenir problématique dès lors que des travaux et/ou aménagements défigurent (Schoeneich, 2007), voire détruisent irrémédiablement des témoins d'une réelle valeur scientifique ou patrimoniale (dunes, cordons morainiques, terrasses de kame). Leur disparition prêterait un territoire dont le caractère et l'identité sont fortement liés aux héritages glaciaires, même si ce lien n'est pas toujours identifié comme tel. Sans chercher l'exhaustivité, nous pouvons souligner :

- la valeur d'usage de nombreux sites : activités de récréation autour des différents lacs (Léman, Darbon), randonnée dans des cirques et vallées glaciaires (Graydon, Mont de Grange), visite de sites touristiques (Gorges du Pont du Diable, Hautes Dranses) ;
- l'exploitation des ressources naturelles : eaux minérales (Evian, Thonon-les-Bains), graviers (Centfontaine, Amphion-les-Bains), matériaux cristallins repris dans les constructions locales ;
- les aléas gravitaires : glissements de terrain (Reveroz, Vailly, La Frasse), éboulements et écroulements rocheux qui remodelent continuellement le relief (Montriond, les Cases).

Tous ces aspects du territoire trouvent leur origine dans les dépôts et morphologies glaciaires et associés. Une valorisation de cette composante de l'environnement permettrait d'informer et de sensibiliser les usagers du territoire (Guyomard et al., 2010). Au-delà d'une protection des sites, c'est une meilleure conscience de l'environnement qui doit être visée. Cette volonté de valorisation est au cœur du projet qui prend actuellement forme en vue de l'obtention du label « Géoparc européen », moteur supplémentaire pour un territoire comme le Chablais qui promeut déjà largement ses richesses géologiques ; cela se traduit concrètement par la réalisation d'une exposition itinérante sur le thème du patrimoine glaciaire à laquelle nous participons et par la constitution d'un inventaire de sites naturels, avec un volet spécifique sur les objets géoscientifiques. Ces diverses actions sont réalisées dans le cadre d'un projet Interreg IV A de développement territorial franco-suisse (projet *Trois Chablais, une valorisation des richesses naturelles et patrimoniales*).

Cet article propose de détailler le travail de consolidation de la « connaissance objective de la ressource » (Gauchon, 2010) que suppose toute entreprise de valorisation, plus spécifiquement dans le domaine de la reconnaissance patrimoniale. Après une rapide présentation de la zone d'étude, nous exposons les résultats d'une synthèse bibliographique préliminaire (Perret, 2010), traitée sous forme de base de données, en prenant soin de spatialiser les résultats obtenus. Quelques lignes sont consacrées à l'approche choisie pour le travail de terrain et aux éléments que nous pouvons tirer d'une première campagne d'été. Nous abordons enfin l'outil de système d'information géographique afin de voir en quoi cette démarche peut nous aider ou non dans notre volonté de valorisation et de transmission des connaissances scientifiques.

La région d'étude : diversité des héritages glaciaires

Le territoire considéré s'étend sur une partie des Préalpes (d'ouest en est : massif du Chablais, plaine du Rhône en aval de Saint-Maurice et Préalpes vaudoises). Il couvre également une partie du bassin lémanique entre Villeneuve et Annemasse (Fig. 1). Le secteur d'étude est situé en moyenne montagne (max. 3257 m) et sur ses piémonts (min. 372 m). Du point de vue des flux glaciaires, le Chablais se situe dans une zone carrefour, entre le lobe « lyonnais » et le lobe « suisse » du glacier du Rhône (Coutterand et al., 2009) (Fig. 2). Il est également occupé par plusieurs appareils locaux (glaciers des Dranses, glacier de la Grande Eau, etc.) aujourd'hui disparus (Fig. 2).

Cette situation en « zone carrefour » rend mal aisée la compréhension des différents flux glaciaires et de leur part dans la facture du relief. Au plus fort des dernières glaciations, le Chablais était presque exclusivement situé en zone d'accumulation d'un glacier du Rhône diffluant par le pas de Morgins (Coutterand, 2010) et envahissant une bonne partie des vallées des Dranses. Les témoins construits de ces stades ne se situent donc pas dans le Chablais mais à des dizaines de kilomètres plus en aval, sur les flancs du Jura et dans les régions de Genève et de Wangen an der Aare, près de Soleure. Pourtant, d'importantes quantités de till ainsi que de sédiments fluvio-glaciaires ont été déposées dans le Chablais, ce que n'ont pas manqué de relever les géologues du XIX^e siècle. Lors du retrait glaciaire de la fin du stade isotopique 2, différents témoins sont construits sur le terrain d'étude, ainsi que sur les bords du Léman et dans les différentes vallées qui ceignent ou incisent le massif (Rhône, Dranses, Grande-Eau, Avançon, etc.) et ce, jusqu'au fond des cirques (Dreveneuse, Salanfe, Taveyenne, etc.). Cette histoire complexe a l'avantage d'avoir laissé des formations très variées, (sédiments glacio-lacustres, terrasses de kame, cordons morainiques, blocs erratiques, etc.) (Vial, 1975 ; Blavoux, 1988 ; Dray, 1993 ; Schoeneich, 1998) (Tabl. 1). Certains exemples particulièrement typiques sont connus de longue date (terrasses de Thonon, conglomérats des Dranses), alors que d'autres représentent des spécimens rares dans la région (cheminées de fées du pont de la Douceur, glacier des Martinets, cirque glaciaire de Salanfe). En particulier, les témoins des glaciers locaux y sont exceptionnellement riches et bien conservés, notamment en ce qui concerne les stades du début du Tardiglaciaire (Schoeneich, 1998).

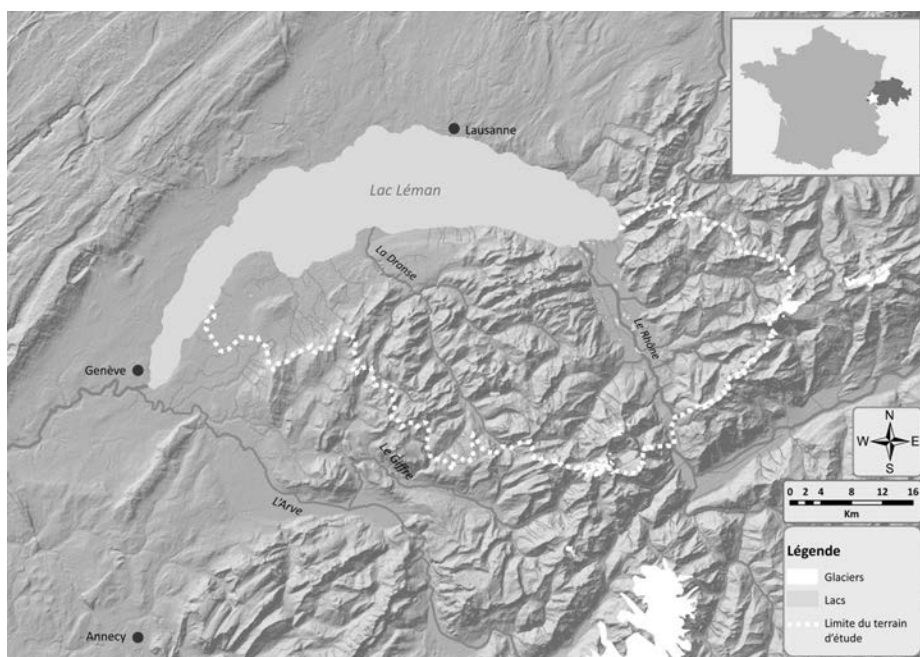


Fig. 1 : Carte de situation du Chablais (fond de carte : MNT Aster).

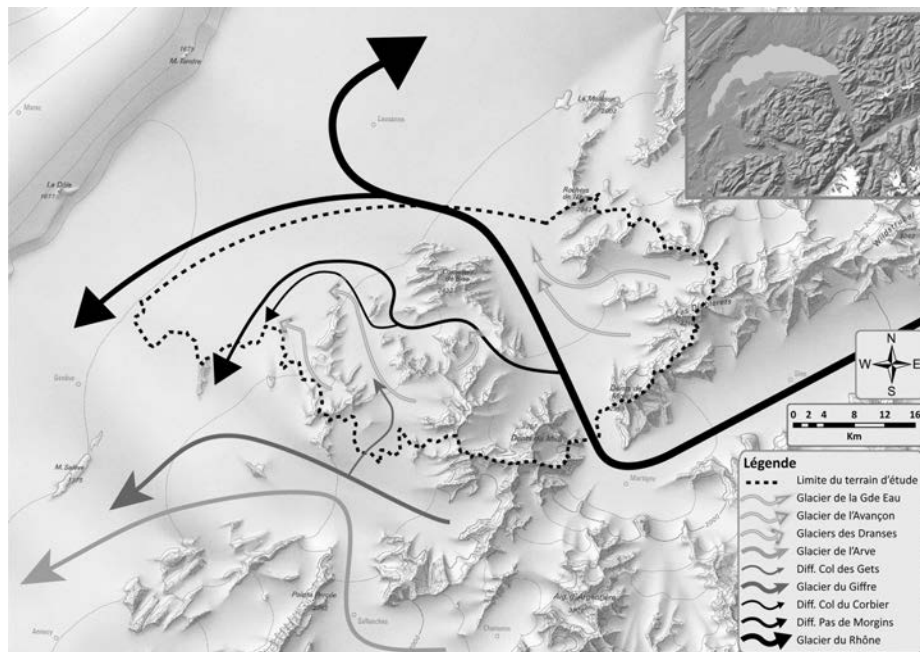


Fig. 2 : Le Chablais lors du Dernier maximum glaciaire (LGM), situation des principaux flux glaciaires d'après Coutterand (2010). Diff. = difffluence. Fond de carte : La Suisse durant le dernier maximum glaciaire (LGM), 1:500'000, GéoCartes 500, 2009), reproduit avec l'autorisation de swisstopo (BA110135).

Type de témoins géomorphologiques	ponctuel	linéaire	surfacique	accumulation
glaciaire	• bloc erratique • marmite glaciaire	• cordon morainique -latéral • -latéro-frontal	• cirque glaciaire • roches moutonnées • surfaces moutonnées avec stries • verrou, ombilic • auge glaciaire • cheminées de fées • kettle	• till de fond • till d'ablation
fluvio-glaciaire		• gorge sous-glaciaire • gorge de raccordement • chenal marginal	• terrasse de kame • sandur	• graviers • conglomérats
glacio-lacustre			• lac de marge glaciaire - barré par un cordon morainique - barré par un verrou glaciaire	• dépôts fins laminés • dépôts deltaïques
gravitaire (décompression post-glaciaire)			• glissement de terrain (dépôts glacio-lacustres et till) • éboulement • écroulement	
périglaciaire			• glacier rocheux	

Tabl. 1 : Types de témoins géomorphologiques présents dans le Chablais.

Méthodologie

Bien qu'étudiée depuis plus de deux siècles, la région recèle encore des zones d'ombre dans la compréhension des héritages glaciaires. Afin de rassembler les éléments reconnus par les différentes générations de chercheurs et nos observations de terrain, nous avons pris le parti de les insérer dans un système d'information géographique (SIG). Nous disposons ainsi d'une base de données spatiales à même de mettre en avant les secteurs peu ou non étudiés aussi bien que les secteurs où existent de nombreux travaux ayant des logiques, voire des référentiels différents. L'outil cartographique est ici privilégié pour présenter des synthèses à l'échelle du territoire.

Synthèse bibliographique et spatialisation des études antérieures

Deux siècles de recherche, des témoins découverts puis perdus, des techniques en évolution constante, deux pays, deux langues (le français et l'allemand) et une dizaine de filiations scientifiques, tel est le panorama des études concernant le Quaternaire dans le Chablais. Afin de compiler au mieux cette masse d'information

et de permettre un accès facilité aux éléments clés soulevés par les différents travaux, nous avons constitué une base de données bibliographiques (Perret, 2010). Cette base, dotée de rubriques (mots-clefs, résumé, coupes et forages, illustrations, données, informations spatio-temporelles, renvoi vers des textes scientifiques, etc.) est un outil de travail transmissible, adaptable et évolutif qui pourra servir de base commune aux futures études sur le Quaternaire régional.

Afin de visualiser l'emprise spatiale des études compilées dans la base, chacune d'entre elles a été représentée sur une carte à l'aide d'un polygone de teinte uniforme. La superposition des polygones fait apparaître des zones vierges d'étude (vallée de l'Avançon, Hautes Dranses, val d'Illiez), alors que certains sites cumulent les publications (Fig. 3). La carte thématique obtenue n'est certes qu'une photographie de l'état de la base à un moment donné (80 ouvrages compilés sur environ 150 recensés). En outre, elle ne représente pas la qualité des études ni leur niveau de détail. Il n'en ressort pas moins que certaines parties du territoire ont été délaissées au profit de zones plus attractives (aquifère d'Evian, plaine du Rhône, terrasses de Thonon). Cette visualisation nous a permis de présélectionner des terrains d'étude potentiels en vue des campagnes de relevé de terrain.

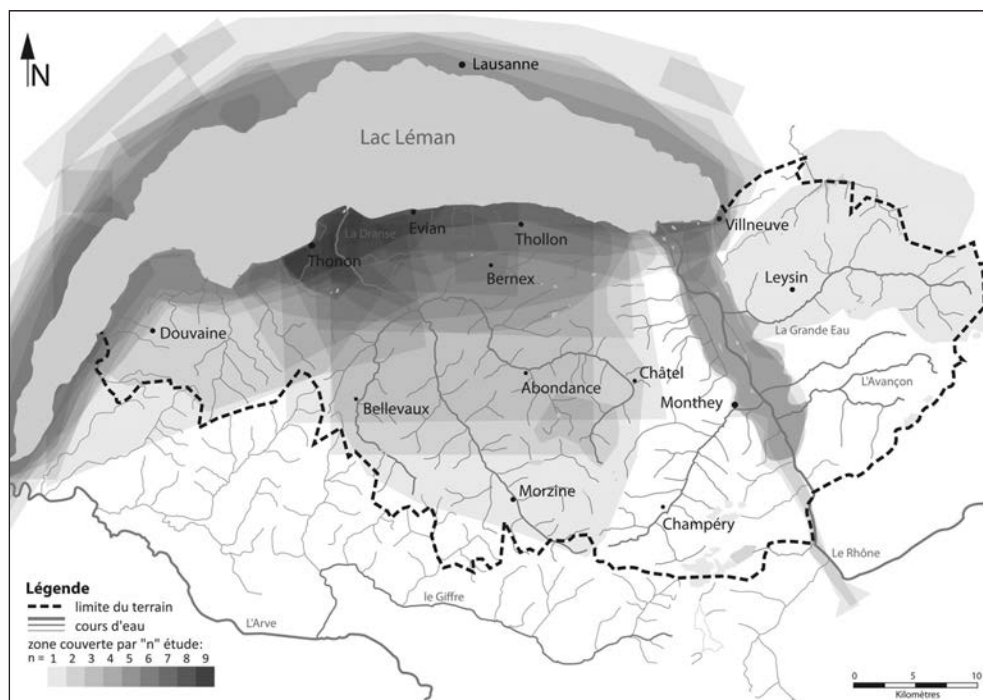


Fig. 3 : Carte des zones d'étude compilées dans la base de données bibliographiques.

Travail de terrain et cartographie sur SIG

Dans l'état actuel des connaissances, une cartographie des stades glaciaires dans la région du Chablais serait lacunaire ou approximative sur différentes parties du territoire, notamment les hautes vallées des Dranses. En outre, certaines formes et dépôts, bien qu'identifiés et souvent cartographiés (carte géologique de la France au 1:50'000), sont mal connus tant du point de vue de leur morphogenèse que de leur chronologie, relative ou absolue. Un travail de recherche sur le terrain est donc nécessaire pour préciser l'agencement des différents témoins glaciaires.

Afin de maximiser le temps passé sur place, un travail de repérage a été nécessaire. Nous avons systématiquement consulté :

- la bibliographie (particulièrement les cartes, schémas, coupes et données de forage) ;
- les cartes topographiques (1:10'000 et 1:25'000 en Suisse ; 1:25'000 en France) ;
- les cartes géologiques (1:25'000 en Suisse ; 1:50'000 en France) ;
- les cartes géomorphologiques (rares, 1:10'000) ;
- les photographies aériennes (1 pixel : 50 cm en Suisse et en France) ;
- les modèles numériques de terrain (précision à ± 0.5 m pour le canton de Vaud, 25 m pour la Haute-Savoie).

Ces éléments ont été intégrés dans un SIG. Les informations collectées sur le terrain, apportées par l'observation des morphologies, coupes naturelles, coupes de chantiers et fronts de taille des gravières sont ajoutées sous forme de cartes géomorphologiques (lacunaires). C'est une fois ce travail de compilation effectué, que nous pourrions travailler sur les relations (spatiales et temporelles) entre les différents témoins. Dans certains cas, l'utilisation de modèles numériques de terrain (MNT) pour la réalisation de vues en trois dimensions permet de contrôler les corrélations proposées par les auteurs anciens, entre plusieurs marqueurs de positions glaciaires (cordons, blocs erratiques, terrasses de kame, chenaux glaciaires) (Fig. 4).

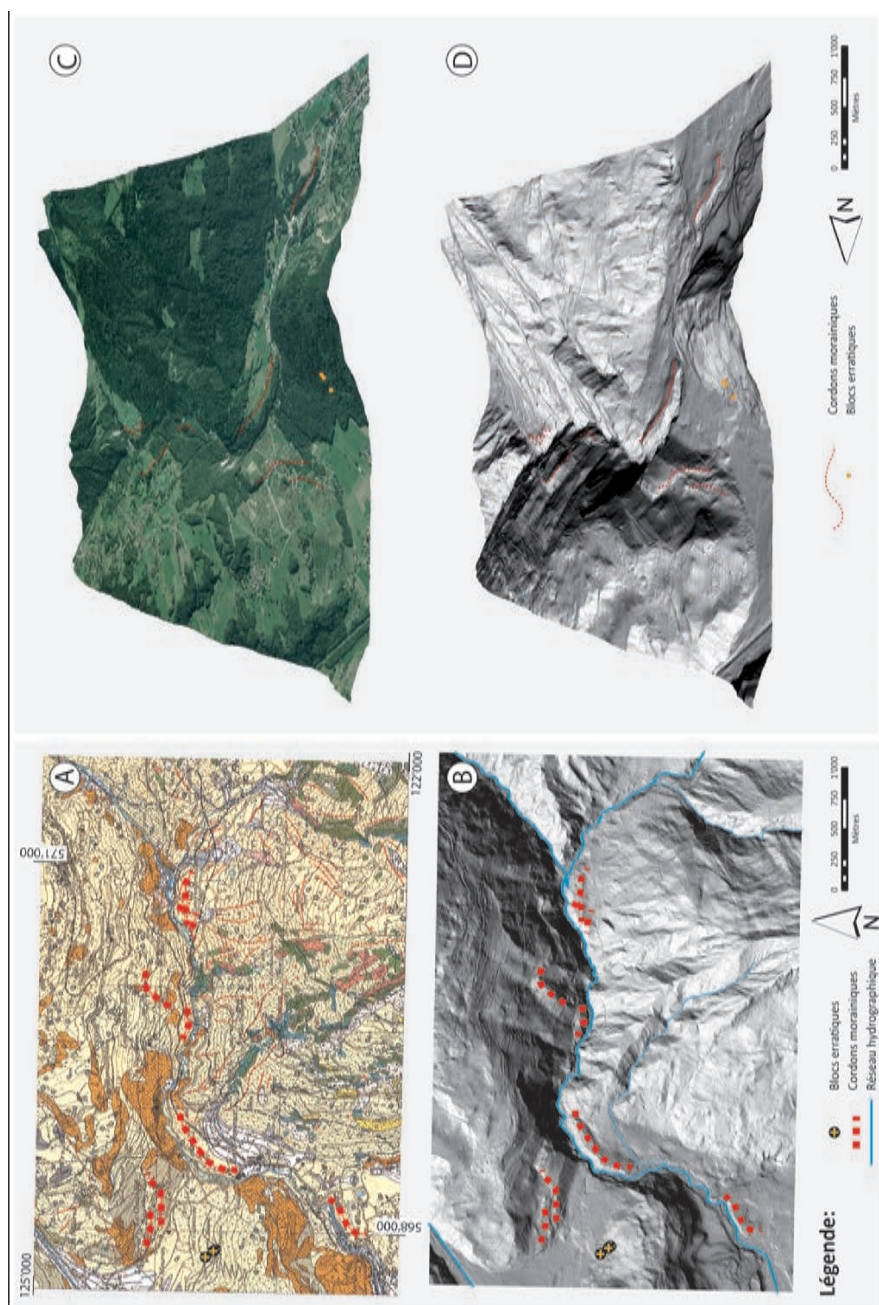


Fig. 4 : Exemple d'utilisation du SIG pour la vérification de corrélations entre témoins morainiques dans la vallée de l'Avançon. A. Carte géologique, extrait de Lugeon (1940). B. MNT-MO ombré. C et D. Photographie aérienne et ombrage drapés sur MNT-MO. Reproduit avec l'autorisation de swisstopo (BA110135).

Dans une optique de transmission des connaissances au public, les reconstitutions de flux glaciaires seront présentées sous forme de « cartes de stades » à la manière d'une « bande dessinée ». Ce mode d'illustration des mouvements glaciaires est directement inspiré des cartes de Marcel Burri (1963), publiées dans sa synthèse sur le Quaternaire des Dranses. Ces cartes (au nombre de quatre) ont le mérite d'englober une grande partie du territoire et de proposer une représentation chronologique des événements (Fig. 5), facilitant la compréhension des étapes d'occupation glaciaire dans le Chablais.

Cinquante ans après cette première proposition, nous nous proposons de reprendre ce travail en y intégrant les nouvelles connaissances. La compilation sur SIG (données de terrain comprises) a permis et permettra d'affiner les contours des zones les plus floues. Un soin particulier sera porté à la question de la représentation des incertitudes inhérentes à la reconstruction scientifique et à l'état de la connaissance actuelle. Le point de départ de la reconstruction est fixé au dernier maximum glaciaire (LGM) (Bini et al., 2009). Huit moments de stagnation des glaciers régionaux ont été choisis, plus ou moins bien contraints spatialement et chronologiquement : le dernier maximum glaciaire, le stade lémanique, la récurrence de Genève, la récurrence du Petit Lac, un stade de décrépitude du glacier du Rhône (marqué par le cordon morainique de Monthey), le début du Tardiglaciaire (entendu comme « stade de retrait des glaciers locaux »), l'Egesen, le Petit Age Glaciaire et l'actuel. Enfin, il semble nécessaire de mettre en relation les sites les plus riches de cette histoire glaciaire avec les stades reconnus. Un certain nombre de géotopes peuvent être distingués parmi les différents témoins glaciaires, comme le souligne le récent inventaire des géotopes vaudois (Pieracci et al., 2008), dont une dizaine de sites (glaciaires) concerne le Chablais. Ils pourront être intégrés aux reconstitutions, afin de lier plus efficacement des visions de temps relativement anciens et éloignés de la morphologie actuelle avec le quotidien des habitants du Chablais.

Conclusion

Le fait que le Chablais soit largement anthropisé pose avec d'autant plus d'acuité la nécessité de transmettre les connaissances acquises sur l'environnement et plus particulièrement sur les héritages glaciaires. Cette connaissance pouvant être un vecteur de patrimonialisation d'éléments remarquables laissés par l'histoire glaciaire des Alpes, mais aussi de gestion raisonnée des ressources, qu'elles soient liées aux sources minérales ou aux matériaux. Dans ce contexte, l'utilisation d'un SIG apparaît comme un outil pertinent de transmission des informations et des connaissances. Par sa dimension spatiale, il met rapidement en avant la valeur patrimoniale, scientifique, voire culturelle (Lugon et al., 2006) de telle ou telle morphologie laissée par les glaciers quaternaires. L'objectif de représentation des connaissances scientifiques (connaissance objective de la ressource) au public apparaît comme une étape cruciale de la prise en compte de l'élément glaciaire par les usagers du territoire chablaisien.

Les cartes de stade

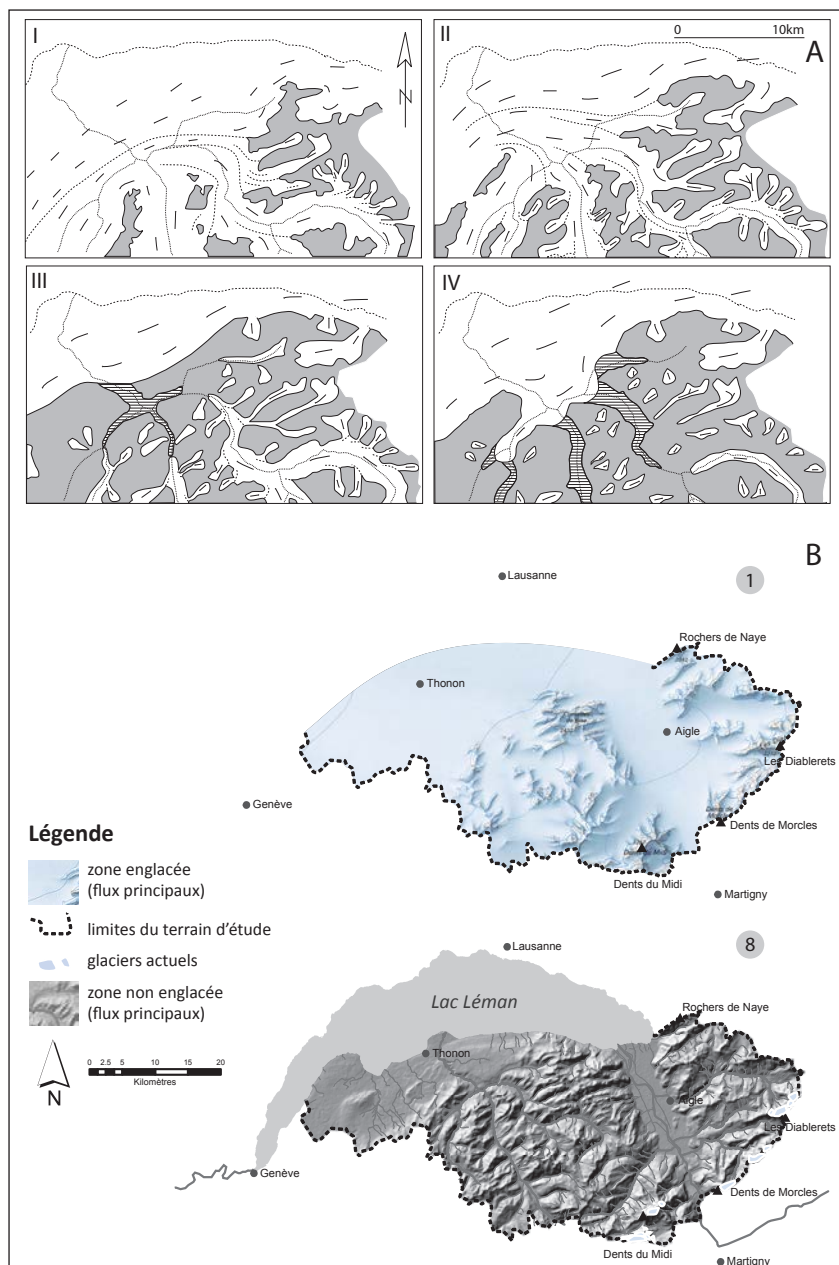


Fig. 5 : Représentation des flux glaciaires sous forme de cartes de stade. A. Cartes paléogéographiques des Dranses d'après Burri (1963) : 1 Riss ; II Würm 1 ; III Würm 2, glacier du Rhône en expansion, glaciers locaux à leur maximum ; IV Würm 2, glacier du Rhône à la fin de son maximum, glaciers locaux déjà en régression. B. Cartes paléogéographiques en construction : I LGM (fond de carte : swisstopo); 8 actuel (fond de carte : MNT Aster).

Remerciements

Un grand merci à Sylvain Coutterand, Anne Guyomard et Philippe Schoeneich pour leur aide sur le terrain et dans la construction des figures. L'étude bénéficie de contributions financières de la Société Anonyme des Eaux Minérales d'Evian, la société Danone, la Société Sagradranse, la Société Descombes Pères et Fils, la Région Rhône-Alpes, le Conseil général de Haute Savoie, le Canton du Valais, le Canton de Vaud, la Vallée d'Aulps, la Vallée d'Abondance et l'Aide suisse aux montagnards, que nous remercions. Elle est réalisée au sein du projet *123 Chablais* du programme de coopération territoriale européenne France-Suisse Interreg IV A.

Bibliographie

- Arn R. (1984). *Contribution à l'étude stratigraphique du Pléistocène de la région lémanique*. Thèse de doctorat, Université de Lausanne.
- Bezat-Grillet E. (2008). *Contribution pollinique à l'étude du pléistocène de la région lémanique (Suisse) : paléoenvironnement des derniers 800'000 ans*. Thèse de doctorat, Université de Lausanne.
- Bini A., Buoncristiani J.-F., Coutterand S., Ellwanger D., Felber M., Florineth D., Graf H. R., Keller O., Kelly M., Schlüchter C., Schoeneich P. (2009). *La Suisse durant le dernier maximum glaciaire (LGM)*. Carte au 1:500'000. Wabern, Swisstopo.
- Blavoux B. (1988). L'occupation de la cuvette lémanique par le glacier du Rhône au cours du Würm. *Bulletin de l'Association française pour l'étude du Quaternaire*, 3, 69-79.
- Burri M. (1963). Le Quaternaire des Dranses. *Mémoire de la Société vaudoise des sciences naturelles*, 13, 1-34.
- Coutterand S. (2010). *Étude géomorphologique des flux glaciaires dans les Alpes nord-occidentales au Pléistocène récent. Du maximum de la dernière glaciation aux premières étapes de la déglaciation*. Thèse de doctorat, Université de Savoie [en ligne]. Disponible sur : http://hal.univ-savoie.fr/view_by_stamp.php?&halsid=gg1u0t87fqpu996em4afoqqb1&label=UNIV-SAVOIE&langue=fr&action_todo=view&id=tel-00517790&version=3 (consulté le 14.02.2011).
- Coutterand S., Schoeneich P., Nicoud G. (2009). Le lobe glaciaire lyonnais au maximum würmien : glacier du Rhône ou/et glaciers savoyards ? In *Neige et glace de montagne, reconstitution, dynamique, pratiques*. Collection EDYTEM, Cahiers de Géographie, 8, 11-22.
- De Charpentier J. (1841). *Essai sur les glaciers et sur le terrain erratique du bassin du Rhône*. Lausanne, Ducloux.
- Dray M. (1993). Les terrasses de Thonon : aspects géologiques de la déglaciation würmienne et intérêt hydrogéologique. *Quaternaire*, 4, 77-82.
- Gauchon C. (2010). *Tourisme et patrimoines : un creuset pour les territoires ?* Mémoire de HDR, Université de Savoie [en ligne]. Disponible sur : http://hal-univ-savoie.archives-ouvertes.fr/view_by_stamp.php?label=UNIV-SAVOIE&halsid=52ckeuiq475if853vaea7u041&action_todo=view&id=tel-00559370&version=1 (consulté le 14.02.2011).

- Guiter F. (2003). *Contribution pollen-analytique à l'histoire de la végétation au cours des derniers 100'000 ans dans la région d'Evian (Haute Savoie, France) : implications pour la chronologie du dernier glacier du Rhône*. Thèse de doctorat, Université de Droit, d'Economie et des Sciences d'Aix-Marseille.
- Guyomard A., Billault C., Buscoz L., Levrat E., Thevenon M., Vessin M. (2010). *Aspiring Chablais Geopark. Application dossier for nomination as European Geoparks Network and UNESCO Global Geoparks Network*. Thonon-les-Bains, Syndicat Intercommunal d'Aménagement du Chablais [en ligne]. Disponible sur : <http://www.dossier-chablais.com> (consulté le 14.02.2011).
- Lugon R., Pralong J.-P., Reynard E. (2006). Patrimoine culturel et géomorphologique : le cas valaisan de quelques blocs erratiques, d'une marmite glaciaire et d'une moraine. *Bull. Murithienne*, 124, 73-87.
- Lugeon M. (1940). *Feuille 19 Les Diablerets*. Atlas géologique de la Suisse au 1:25'000, Carte 1285.
- Morlot A. (1859). Sur le terrain quaternaire du bassin du Léman. *Bulletin de la société vaudoise des sciences naturelles*, 6, 101-108.
- Perret A. (2010). *Les glaciations quaternaires dans le Chablais. Synthèse bibliographique*. Université de Savoie, Laboratoire EDYTEM, Université de Lausanne, Institut de Géographie.
- Pieracci K., Reynard E., Marchant R., Meisser N., Borel G., Baud A., Masson H., Jeannin P.-Y., Schoeneich P., Gmür P. (2008). *Inventaire des géotopes du Canton de Vaud*. Etat de Vaud, Centre de la conservation de la faune et de la nature.
- Schoeneich P. (1998). *Le retrait glaciaire dans les vallées des Ormonts, de l'Hongrin et de l'Étivaz (Préalpes vaudoises)*. Thèse de doctorat, Université de Lausanne. Lausanne, Institut de Géographie. Travaux et recherches, 14.
- Schoeneich P. (2007). Géotopes, biotopes et paysages : vers un concept intégrateur du paysage. *Documents de l'Association pour le patrimoine naturel et culturel du Canton de Vaud*, 9, 15-20.
- Triganon A. (2002). *Géométrie et fonctionnement d'un aquifère quaternaire du bassin lémanique. Etude géologique et application de nouvelles méthodes isotopiques sur le système hydrominéral d'Evian (France)*. Thèse de doctorat, Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse.
- Triganon A., Nicoud G., Guiter F., Blavoux B. (2005). Contrôle de la construction de l'ensemble détritique de la région d'Evian par trois phases glaciaires durant le Würm. *Quaternaire*, 16(1), 57-63.
- Vial R. (1975). Le Quaternaire dans le Bas-Chablais (Haute-Savoie). Les derniers épisodes de retrait glaciaire. *Géologie Alpine*, 51, 129-144.

Internet au service du patrimoine. Cartographie dynamique de l'inventaire des géotopes d'importance nationale

Simon Martin ¹
Luca Ghiraldi ²

¹ Institut de géographie
Université de Lausanne
Anthropole
CH – 1015 Lausanne

² Museo regionale di scienze naturali
Sezione di mineralogia
petrografia e geologia
Via Giolitti 36
I – 10100 Torino

E-mails:
simon.martin@unil.ch
luca.ghiraldi@gmail.com

Introduction

Considérer le relief qui nous entoure, les témoins d'époques révolues ou de bouleversements présents, les traces de l'histoire de la Terre comme un patrimoine est une idée qui fait son chemin. Depuis une vingtaine d'années, des spécialistes des géosciences cherchent à définir ce qui fait la valeur particulière de certains sites : la valeur scientifique (Carton et al., 1993 ; Grandgirard, 1997), **mais aussi d'autres intérêts**, comme la valeur culturelle ou écologique (Panizza & Piacente, 1993, 2003 ; Reynard, 2004, 2009). Ces recherches ont trouvé leur application dans la réalisation d'inventaires de géotopes, tel que celui mené à l'échelle de la Suisse depuis une quinzaine d'années (ASSN, 1999 ; Berger et al., 2008).

Si l'on se réfère au modèle proposé par Di Méo (2008), **un processus de patrimonialisation** est en cours (Reynard et al., 2011), mais demeure confiné à l'heure actuelle aux milieux scientifiques (phase d'inventaire et de sélection) et à l'administration (phase de protection). La valorisation de ces sites auprès du public est pour l'instant le fruit d'initiatives ponctuelles et rarement coordonnées au delà de l'échelle régionale (Cayla, 2009). L'inventaire des géotopes suisses, encore dans sa phase d'élaboration, reste méconnu et inaccessible au public.

C'est à partir de ces données riches mais non publiées que nous avons choisi de développer un projet de cartographie dynamique sur Internet. L'objectif de ce projet est d'explorer les possibilités d'un tel outil en tentant de répondre à la question suivante : que peut apporter le web mapping à l'étude et à la valorisation du géopatrimoine ?

La cartographie du géopatrimoine : état des lieux

Au cours des quinze dernières années, diverses méthodes ont été développées pour l'identification, la classification, l'évaluation et la conservation des sites présentant un intérêt particulier pour les géosciences. Dans un but de promotion du géopatrimoine, des projets de vulgarisation ont été mis sur pied pour faciliter, parmi le public non-spécialiste, la compréhension des spécificités d'un site. Ces multiples projets reposent sur divers produits de médiation, comme des itinéraires, des panneaux thématiques, des brochures et des cartes.

La carte est un média central dans le processus de valorisation du géopatrimoine, dans la phase préliminaire d'inventaire et d'évaluation comme dans celle de médiation auprès du public (Fig. 1). Selon ses fonctions, la carte géoscientifique est destinée soit aux experts, soit au grand public (Carton et al., 2005). Différents types de cartes sont utilisées pour la gestion et la promotion des géomorphosites (Bissig, 2008), notamment les cartes d'inventaire et les cartes géotouristiques et géodidactiques. Ces différentes cartes peuvent être soit statiques (sur support papier), soit dynamiques (sur support informatique) (Fig. 1).

Cartes d'inventaire

Ce type de carte permet de localiser les sites d'intérêt et fournit une vue générale de leur distribution. Il s'agit en général de cartes à petite échelle où les sites sont représentés par des points. La légende contient de l'information textuelle, parfois accompagnée d'illustrations. Certaines cartes d'inventaire représentent le résultat de l'évaluation des sites sous forme de symboles.

Cartes géotouristiques et géodidactiques

Dans les produits géotouristiques (panneaux thématiques, brochures, etc.), il est souvent fait usage de cartes pour indiquer l'itinéraire du sentier ou les points d'intérêt. D'autres cartes forment un produit complet de médiation : ce sont les cartes géotouristiques, qui résultent souvent d'une simplification de cartes géologiques ou géomorphologiques (Coratza & Regolini-Bissig, 2009), s'adressent à un public de non-spécialistes et permettent la visualisation d'informations à la fois géoscientifiques et touristiques (Regolini-Bissig, 2010).

Dans une carte géodidactique, contrairement à la carte géotouristique, le contenu géoscientifique prime. Elle vise à faire comprendre un phénomène, comme les transformations du paysage au cours du temps, auprès d'un public non-initié. Dans ce sens, la carte ne vise pas à fournir de l'information, mais à proposer de découvrir un site et ses particularités dans une démarche d'interprétation (Tilden, 1957).

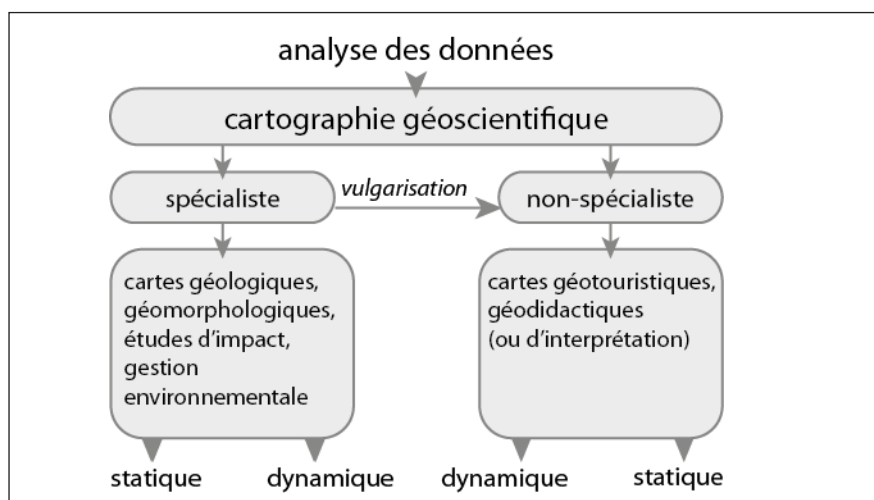


Fig 1 : Types de cartes géoscientifiques : choix du public, du but et du support.

La cartographie dynamique

Définitions et typologies

Divers auteurs (Cartwright & Peterson, 1999; Kraak, 2001; Slocum et al., 2009) proposent de distinguer la production cartographique en fonction des moyens de distribution et de consultation des cartes, comme le degré d'interactivité. Ces différents moyens impliquent également des capacités techniques différentes, tant du côté de l'utilisateur que du fournisseur (ou éditeur). Une distinction est régulièrement faite entre les cartes statiques et les cartes dynamiques.

Les cartes statiques transmettent l'information à l'utilisateur via un ensemble de symboles graphiques (légende), souvent complété par un texte, des images ou des des-sins. Dans une carte statique sur Internet, l'utilisateur peut parfois zoomer ou se déplacer dans l'image, mais le contenu même de la carte ne change pas. L'échelle de la carte n'est pas modifiable et ses composants ne peuvent pas être masqués ou affichés à loisir. Ce type de carte provient le plus souvent de la numérisation de cartes imprimées ou d'exportations depuis un logiciel SIG.

L'évolution des technologies numériques et la large diffusion d'Internet ont favorisé, aussi en cartographie, un usage accru de supports numériques et de logiciels variés. Les techniques de production de cartes ont changé tandis que l'usage et la fabrication de cartes cessaient d'être réservés à une minorité de personnes expérimentées (Morrison, 1997). La cartographie peut donc être considérée aujourd'hui comme un outil d'information destiné à un vaste public.

Cette évolution a permis la naissance des cartes dynamiques. A l'opposé des cartes statiques, ces cartes sont créées dynamiquement et générées à la demande par l'utilisateur. Les fonctions spécifiques des cartes dynamiques sont décrites ci-dessous.

Fonctionnalités des cartes dynamiques

La cartographie dynamique implique la possibilité de changer une ou plusieurs composantes des données spatiales représentées. Le contenu peut en particulier être édité et mis à jour en temps réel en modifiant uniquement quelques données spécifiques ou leur représentation et non l'ensemble du contenu de la carte. Le choix d'une structure dynamique vise avant tout à doter la carte de trois qualités : l'utilisation facile (*usability*), l'adaptabilité et l'interactivité.

Une carte « utilisable », qui répond au principe d'*usability*, permet à l'utilisateur final (public spécifique) d'atteindre ses buts avec efficacité, efficience et satisfaction. Elle présente l'information de façon claire et concise et ne nécessite pas d'apprentissage spécialisé.

L'*adaptabilité* de la carte permet de répondre aux requêtes de l'utilisateur en n'affichant que l'information correspondant aux besoins de ce dernier.

Enfin, l'*interactivité* autorise un certain dialogue entre l'utilisateur et l'application cartographique. L'interactivité se présente sous des formes multiples (Slocum et al., 2009). Communément, cela recouvre la possibilité de changer l'étendue affichée de la carte, de sélectionner les couches d'information, d'obtenir des informations détaillées par des requêtes spécifiques, et d'accéder à des pages web via des hyperliens. Des outils de visualisation, dynamiquement liés à la carte, permettent d'explorer la structure des données et leurs interrelations.

Selon Cartwright & Hunter (2001), les applications cartographiques modernes doivent permettre de transformer les données en information, puis en connaissances. Afin de réaliser cet objectif ambitieux, il est essentiel que l'application soit accessible au plus grand nombre, c'est-à-dire peu chère et facile d'utilisation, mais qu'elle soit également interactive et reliée à des informations externes pour répondre à une grande variété de questionnements, selon le principe de l'hypercarte (Kraak & Van Driel, 1997). C'est ce qui a été testé dans le cadre de ce projet.

Réalisation d'une carte dynamique d'inventaire

L'application présentée ici est hébergée par l'Institut de géographie de l'Université de Lausanne (www.unil.ch/igul).

Infrastructure technique

La structure du projet est de prime abord relativement classique (Fig. 2). L'interface de programmation (*Application Programming Interface*, API) de Google Maps a été choisie en raison des compétences des auteurs en programmation, de la qualité et de l'abondance de la documentation et de la grande liberté offerte par cette application.

Le projet s'appuie sur deux sources distinctes de données. Les fonds de carte et leur habillage sont fournis par Google, dont la rapidité des serveurs fait une bonne part du succès de Google Maps. Les données spécifiques au projet sont par contre stockées sur un serveur interne. Il s'agit, d'une part, de fichiers de forme (KML) et d'images et, d'autre part, d'une base de données composée d'une unique table.

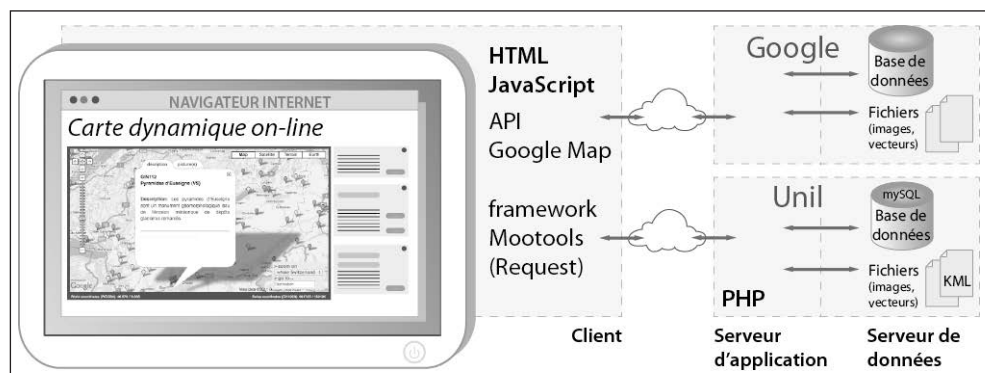


Fig 2 : Structure générale du projet de web mapping.

Données utilisées

Copies de la base officielle de l'inventaire, les données sont stockées dans une table unique composée de 109 attributs originaux, ainsi que d'un attribut ajouté : le type de site (géologique, géomorphologique ou spéléologique). Parmi ces 110 attributs, seuls 20 sont actuellement utilisés dans l'application.

Le serveur abrite également des photos ainsi que les fichiers en format KML où sont stockés les périmètres numérisés d'une grande partie des géotopes. D'autres données secondaires sont également stockées sous forme de fichiers KML, comme les limites des cantons ou les périmètres tirés d'autres inventaires nationaux.

Structure de l'interface

L'interface se compose d'une fenêtre réservée à la carte et comportant des outils de navigation, de sélection du fond de carte et de recherche spatiale (Fig. 3). La colonne de droite est réservée à l'exploration des données de l'inventaire. Elle est structurée en quatre panneaux qui peuvent être ouverts ou fermés à loisir en fonction des objectifs de l'utilisateur.

Cette idée de multifonctionnalité a été centrale dans la conception du projet. Le premier panneau est toujours ouvert. Il permet de rechercher un site particulier (par son nom ou son code), mais contient également une légende interactive : cliquer sur un type de géotopes produit une nouvelle carte qui n'affiche que le type sélectionné.

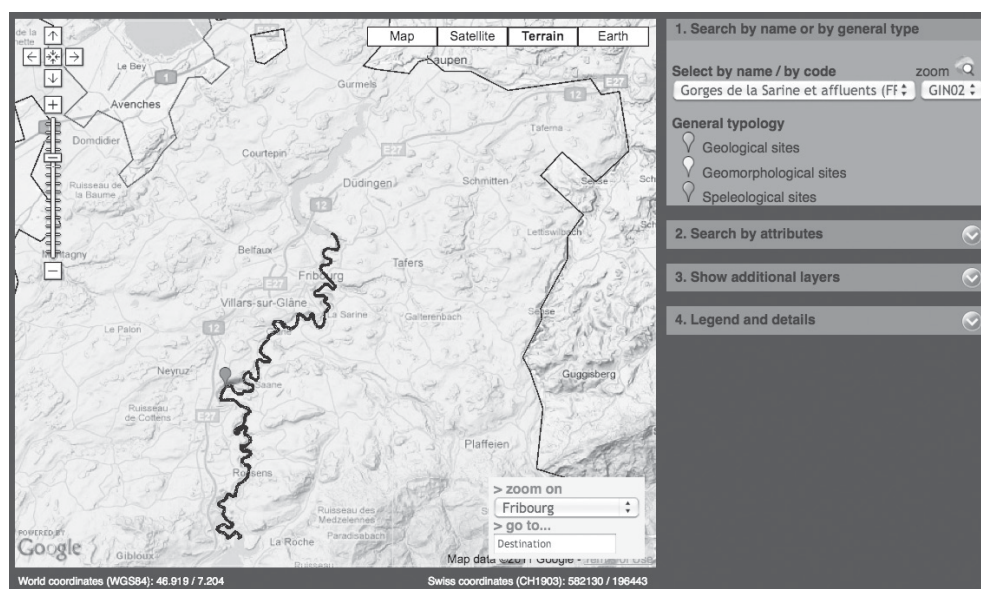


Fig 3 : Interface générale et panneau de recherche par site ou par type de site.

Fonctionnalités spécifiques

La grande originalité de cette application réside dans son presque total dynamisme. En dehors des fichiers mentionnés plus haut, toute l'information spécifique est enregistrée dans la base de données. L'application de web mapping n'est donc pas une carte, mais une infinité de cartes possibles ou virtuelles, au sens de Muller & Laurini (1997). L'utilisateur crée par ses choix la carte qui répond à ses besoins.

Du point de vue de l'éditeur des données, cela permet d'éviter toute redondance de l'information, facilite la mise à jour et la correction et rend également possible d'utiliser la même infrastructure pour d'autres données. Les diverses fonctionnalités développées sur cette base sont décrites ci-dessous.

Recherche

Le principal intérêt de l'application réside dans la connexion entre l'information textuelle, multimédia (photographies) et spatiales. La carte est une interface d'exploration des données (Meng, 2003).

La recherche par la carte permet de répondre à la question « que trouve-t-on à cet endroit, dans ce canton ? ». Toute action dans les panneaux de droite affichera une carte répondant à la requête. Le panneau 1 (Fig. 3) indiquera sur la carte où se trouve tel site et quelles sont ses limites. Le panneau 2 (Fig. 4) est le plus complexe. Il contient un constructeur de requêtes basées sur plusieurs critères. Par exemple : afficher tous les géotopes présentant un intérêt à la fois stratigraphique et paléontologique et qui sont qualifiés de sites passifs. Le constructeur n'autorise en effet que les

requêtes utilisant l'opérateur logique « et » (AND). Le panneau affiche le nombre de sites concernés par la requête et offre l'option d'afficher leur périmètre sur la carte.

2. Search by attributes

Primary interests :

☐ Any Interest ☐ Structural

☐ Stratigraphy ☐ Geomorphology

☐ Hydrogeology ☐ Paleontology

☐ Sedimentology ☐ Petrography

☐ Geochemistry ☐ Speleology

☐ Pedology ☐ Other

Active/Passive:

☒ All ☐ Active geosites ☐ Passive geosites

Natural/Artificial:

☒ All ☐ Natural geosites ☐ Artificial geosites

send request 387 sites selected ->

Fig 4 : Panneau de recherche multi-critères.

3. Show additional layers

☐ Federal inventory of landscapes

☐ Swiss Tectonic Map

☒ Swiss Tectonic Map (tiled)

Fig 5 : Panneau d'affichage de couches d'information complémentaires (vectoriel et raster).

Couches additionnelles et comparaisons

Le panneau 3 (Fig. 5) propose une liste de couches d'informations complémentaires qui peuvent servir de base de comparaison avec les sites de l'inventaire. Il s'agit en quelque sorte d'un substitut de Web Map Service et de Web Feature Service (fonctionnalités qui pourraient trouver leur place ici). La liste est dynamique et pourrait donc s'adapter à toute nouvelle couche déposée sur le serveur. Les fonctionnalités de ce panneau sont indépendantes des autres afin de permettre l'affichage simultané, par exemple, de la carte tectonique et d'une sélection des sites ayant un intérêt structural.

Autres fonctionnalités

Le projet fait bien sûr usage des fonctions de base de l'interface de programmation (API), comme la création dynamique des marqueurs ponctuels à partir des coordonnées des sites stockées dans la base de données. De même, la bulle d'information est créée dynamiquement lors d'un clic sur un marqueur. Cette bulle fournit sur un onglet les informations de base sur le géotope : son code, son nom (y. c. les cantons concernés) et une courte description. Si des illustrations sont attachées à ce site, celles-ci sont accessibles par des vignettes interactives placées sur un second onglet. La bulle permet également, via un lien, de télécharger la fiche d'inventaire PDF du site sélectionné. Le contenu de la fiche est construit, une fois encore dynamiquement, à partir du contenu de la base de données.

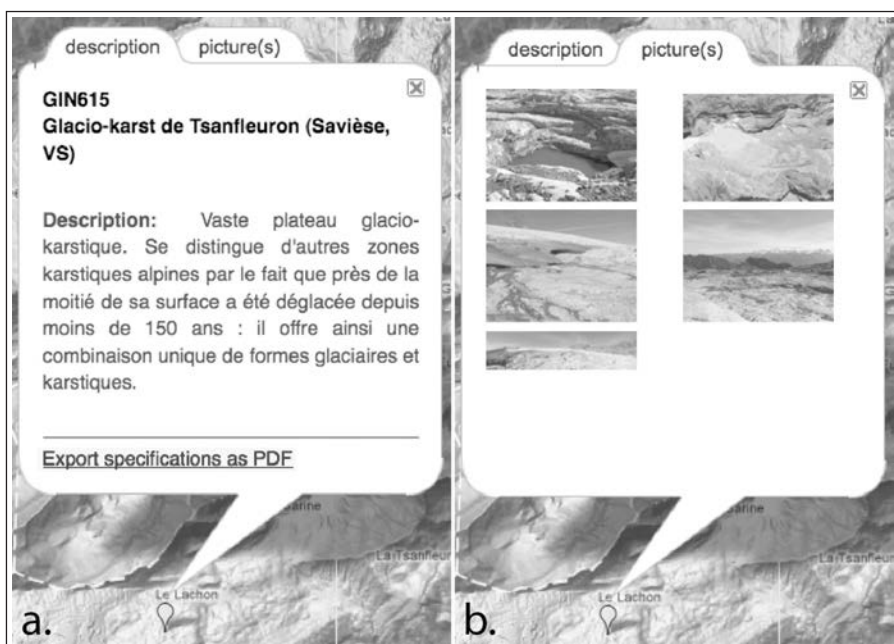


Fig 6 : Bulle d'information à deux onglets : (a) description et lien pour exportation de la fiche en format PDF ; (b) vignettes des illustrations, affichables d'un clic en grand format.

Discussion

Analyse et critique de l'application

L'application cartographique réalisée tire parti des possibilités offertes par l'interface de programmation de Google Maps. Les diverses fonctions spécifiques ajoutées à l'application en font une carte dynamique. Le couplage JavaScript – PHP permet d'approcher les fonctions d'un Web-GIS tout en maintenant une infrastructure simple et légère, aux dépens cependant de la rapidité.

La description des fonctionnalités de l'application cartographique développée montre que celle-ci a un grand degré d'interactivité et d'adaptabilité. La principale restriction, bien compréhensible, est que l'utilisateur n'a pas la possibilité d'ajouter ou de modifier les données de base de l'inventaire. L'*usability* de l'interface est plus difficile à évaluer. Du point de vue de l'efficacité et de l'efficacé, on constate que l'ensemble des fonctionnalités est accessible en trois clics au maximum (affichage d'une sélection thématique de sites, téléchargement de la fiche d'un site particulier, etc.) et que le temps de réponse de la carte est raisonnablement court. Une enquête de satisfaction devrait encore être menée auprès de catégories définies d'utilisateurs pour évaluer complètement ce critère d'*usability*.

Avantages d'une carte d'inventaire dynamique

La comparaison avec une carte statique basée sur les mêmes données permet d'identifier une série d'avantages, fonctionnels, quantitatifs et structurels.

Les fonctions de base – navigation intuitive, zoom, affichage rapide des fonds de carte et des toponymes, choix du style de fond – créent un cadre efficace et agréable pour la consultation. A ces fonctions s'ajoute la possibilité d'interagir avec les données par des requêtes et sélections multicritères ou d'accéder à des informations supplémentaires par un clic sur le symbole du géotope. Il serait également possible de fournir des représentations dynamiques d'une évolution temporelle, ce qui est bien entendu impossible sur un support statique.

Du point de vue quantitatif, la carte dynamique permet d'afficher un grand nombre de couches d'information spatiale, sans surcharge visuelle puisqu'elles peuvent être affichées ou cachées à loisir. D'un point de vue général, comme la carte devient interface d'accès à des données internes (descriptions, autres inventaires, etc.) ou externes (photos, toponymes, etc.), elle contient infiniment plus d'informations que sa version papier.

Au niveau structurel, l'application n'est pas restreinte à un seul usage ou à un seul public. Elle donne accès à différents niveaux de complexité. L'interface interactive permet de modifier le contenu en fonction des besoins ou des intérêts de l'utilisateur.

Conclusion et perspectives

La carte en ligne de l'inventaire suisse des géotopes d'importance nationale fournit une vue relativement complète de ce qu'une structure dynamique peut apporter en termes d'interactivité, d'adaptabilité et, dans une moindre mesure, d'*usability*. Cette application représente à notre avis un complément idéal à une publication imprimée puisqu'elle offre à l'utilisateur une multitude d'accès directs et de représentations des données en fonction de ses intérêts, tant thématiques que spatiaux (« quel géotope puis-je trouver près de chez moi ? »).

Notre exemple illustre ce que l'extension du paradigme cartographique peut fournir comme nouveaux outils d'exploration des données et de publication de l'informa-

tion. Puisque les données traitées par les spécialistes des sciences de la Terre sont toujours, de près ou de loin, spatialisées, la carte dynamique se révèle un support particulièrement bien adapté.

Etendre, sur le même modèle, les fonctionnalités d'autres types de cartes géoscientifiques (Fig. 1) en les rendant interactives et adaptables nous paraît un axe de recherche prometteur. Nous pensons en particulier que des cartes géotouristiques et surtout géodidactiques dynamiques seraient mieux à même d'atteindre leurs objectifs en fournissant à l'utilisateur un contenu adapté à ses besoins et questionnements, divers niveaux de lecture et une consultation mieux structurée. Ceci rapprocherait la carte des techniques d'interprétation (Tilden, 1957) et pourrait la rendre plus à même de retenir l'attention de l'utilisateur (Moscardo, 1999). L'élargissement des fonctionnalités et usages potentiels de la carte, comme présenté dans cet article, renforce l'intérêt que représente le média cartographique pour la communication et la médiation du géopatrimoine.

Bibliographie

- ASSN. (1999). Inventaire des géotopes d'importance nationale. *Geologia Insubrica*, 4(1), 25-48.
- Berger J.-P., Reynard E., Bissig G., Constandache M., Dumas J., Felber M., Häuselmann P., Jeannin P.-Y. (2008). *Révision de la liste des géotopes d'importance nationale : rapport du groupe de travail 2006-2007*. Fribourg, Groupe de travail pour les géotopes en Suisse.
- Bissig G. (2008). Mapping geomorphosites. An analysis of geotourist maps. *Geoturystyka*, 3, 3-12.
- Carton A., Cavallin A., Francavilla F., Mantovani F., Panizza M., Pellegrini G. B., Tellini C. (1993). Ricerche ambientali per l'individuazione e la valutazione dei beni geomorfologici. Metodi ed esempi. *Il Quaternario*, 7(1), 99-107.
- Carton A., Coratza P., Marchetti M. (2005). Guidelines for geomorphological sites mapping. Examples from Italy. *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, 3, 209-218.
- Cartwright W.E., Peterson M.P. (1999). Multimedia cartography. In Cartwright W.E., Peterson M.P., Gartner G. (eds). *Multimedia cartography*, Berlin, Springer, 1-10.
- Cartwright W.E., Hunter G.J. (2001). Towards a methodology for the evaluation of multimedia geographical information products. *Geoinformatica*, 5(3), 291-315.
- Cayla N. (2009). *Le patrimoine géologique de l'arc alpin. De la médiation scientifique à la valorisation géotouristique*. Thèse de doctorat, Université de Savoie.
- Coratza P., Regolini-Bissig G. (2009). Methods for mapping geomorphosites. In Reynard E., Coratza P., Regolini-Bissig G. (eds). *Geomorphosites*. München, Pfeil, 89-103.
- Di Méo G. (2008). Processus de patrimonialisation et construction des territoires. In *Regards sur le patrimoine industriel*, Pessac, ADES. [en ligne] Disponible sur: <http://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00281934> (consulté le 8 juin 2011).
- Grandgirard V. (1997). *Géomorphologie, protection de la nature et gestion du paysage*. Thèse de doctorat, Université de Fribourg.
- Kraak M. J. (2001). Settings and needs for web cartography. In Kraak M.J., Brown A. (eds). *Web cartography. Developments and prospects*, London, New-York, Taylor & Francis, 1-7.

- Kraak M.J., Van Driel R. (1997). Principles of hypermaps. *Computers & Geosciences*, 23(4), 457-464.
- Meng L. (2003). Missing theories and methods in digital cartography. In *21st International Cartographic Conference*, Durban, International Cartographic Association, 1887-1894.
- Morrison J.L. (1997). Topographic mapping in the twenty-first century. In Rhind D. (ed.). *Framework for the World*. Cambridge, Geoinformation International, 14-27.
- Moscardo G. (1999). *Making visitors mindful. Principles for creating sustainable visitor experiences through effective communication*. Advances in tourism applications. Champaign, Sagamore, Advances in tourism applications.
- Muller J.M., Laurini R. (1997). La cartographie de l'an 2000. *Revue internationale de géomatique*, 7(1), 97-106.
- Panizza M., Piacente S. (1993). Geomorphological assets evaluation. *Zeitschrift für Geomorphologie*, 87, Suppl. Bd, 13-18.
- Panizza M., Piacente S. (2003). *Geomorfologia culturale*. Bologna, Pitagora.
- Regolini-Bissig G. (2010). Mapping geoheritage for interpretive purpose. Definition and interdisciplinarity approach. In Regolini-Bissig G., Reynard E. (eds). *Mapping geoheritage*, Université de Lausanne, Institut de Géographie, *Géovisions*, 35, 1-13.
- Reynard E. (2004). Géotopes, géo(morpho)sites et paysages géomorphologiques. In Reynard E., Pralong J.-P. (éds). *Paysages géomorphologiques*. Université de Lausanne, Institut de Géographie, Travaux et recherches, 27, 123-136.
- Reynard, E. (2009). Geomorphosites. Definitions and characteristics. In Reynard E., Coratza P., Regolini-Bissig G. (eds). *Geomorphosites*. München, Pfeil, 9-20.
- Reynard E., Hobléa F., Cayla N., Gauchon C. (2011). Les hauts lieux géologiques et géomorphologiques alpin. Vers une redécouverte patrimoniale ? *Revue de géographie alpine*, [en ligne], 99 (2), mis en ligne le 20 juillet 2011, <http://rga.revues.org/index1412.html>
- Slocum T.A., McMaster R.B., Kessler F.C., Howard H.H. (2009). *Thematic cartography and geo-visualization*. Upper Saddle River, Pearson.
- Tilden F. (1957). *Interpreting our heritage. Principles and practices for visitor services in parks, museums, and historic places*. Chapel Hill, University of North Carolina Press.

La Via GeoAlpina

Itinérance géologique à travers les Alpes

Nathalie Cayla
Fabien Hobléa

Laboratoire EDYTEM - UMR 5204
Université de Savoie
Pôle montagne
F – 73376 Le Bourget-du-Lac

E-mails:
nathalie.cayla@univ-savoie.fr
fabien.hoblea@univ-savoie.fr

In Reynard E., Laigre L. et Kramar N. (Eds) (2011). *Les géosciences au service de la société. Actes du colloque en l'honneur du Professeur Michel Marthaler*, 24-26 juin 2010, Lausanne (Géovisions n° 37). Institut de géographie, Université de Lausanne.

Introduction

Randonner dans une chaîne de montagnes plonge le marcheur au cœur d'un univers minéral spectaculaire, source d'interrogations quant à son origine et son histoire. Paysages remarquables ou affleurements étonnants deviennent alors des lieux clés pour rapprocher les géosciences du grand public. En effet, ces disciplines scientifiques sont avant tout des sciences de terrain et c'est en développant le sens de l'observation que l'on parviendra à mieux les faire comprendre... et peut-être apprécier.

Au cours de l'Année internationale de la planète Terre (2007-2009), un projet transalpin, la Via GeoAlpina, a vu le jour afin de mettre en valeur de façon didactique la géologie et la géomorphologie des paysages traversés le long de l'itinéraire de la Via Alpina.

Cet article fait le point de l'état d'avancement du projet pays par pays en développant les questionnements qui ont guidé les réalisations de la partie française. Il évoque, pour conclure, les perspectives qui pourraient être envisagées afin d'en assurer le développement futur.

L'émergence d'un projet phare de l'Année internationale de la planète Terre

L'extension spatiale des objets géologiques dépasse, très souvent, les limites administratives établies par l'histoire humaine. Mettre en valeur les patrimoines géologiques et géomorphologiques à l'échelle d'une chaîne de montagnes telle que les Alpes nécessite une démarche associant des acteurs appartenant aux différents pays de l'Arc alpin. Profitant de la dynamique créée par l'Année internationale de la planète Terre, la Via GeoAlpina a ainsi pu voir le jour.

Ce projet s'inspire d'expériences plus anciennes. Dès les années 1980, le professeur Stanko Buser, avait déjà réalisé plusieurs dizaines de kilomètres d'itinéraires géologiques à travers la Slovénie. Plus récente, la route géologique transpyrénéenne propose le long de quelque 200 kilomètres d'itinéraires, de la vallée d'Aspe en France jusqu'en Haut-Aragon en Espagne, 25 arrêts équipés de panneaux sur lesquels sont présentés, dans les deux langues, le patrimoine et l'histoire géologique des paysages traversés (<http://www.routetranspyreneenne.com>).

Dès son origine le choix a été fait de développer la Via GeoAlpina, autant que faire se peut, le long de la Via Alpina. Cette dernière désigne un réseau de cinq itinéraires répartis au travers des huit pays de l'Arc alpin proposant 342 journées d'itinérance. La Via Alpina a été initiée par l'association française de la Grande traversée des Alpes en 1999, dans le but de promouvoir et de matérialiser les efforts conduits par les huit pays signataires de la Convention alpine pour un développement durable à l'échelle des Alpes. Ses différents parcours ont vu le jour au cours de l'Année internationale de la montagne en 2002, dans le cadre d'un programme Interreg Espace alpin.

Les itinéraires balisés existant déjà, il semblait intéressant d'associer à la pratique de la randonnée des outils d'apprentissage des fondamentaux nécessaires à la compréhension des paysages traversés.

En 2008, sous la coordination de Luca Demicheli, du Service géologique européen, un groupe de travail est créé. Il associe les services géologiques des pays concernés, des universitaires, en particulier Mario Panizza (Panizza, 2010), du Département des Sciences de la Terre de l'Université de Modène, mais également Michel Marthaler, de l'Université de Lausanne, Werner Piller, de l'Institut des Sciences de la Terre de Graz, ainsi que plusieurs chercheurs des laboratoires LGCA (Laboratoire de Géodynamique des Chaînes Alpines) et EDYTEM (Environnements, Dynamiques et Territoires de Montagne) de l'Université de Savoie. Les ministères de l'environnement sont également partenaires, ainsi que diverses institutions telles que l'Académie suisse des sciences naturelles (SCNAT). Le premier comité de pilotage s'est réuni lors du 33^e Congrès géologique international d'Oslo, en juillet 2008. Un an plus tard, les premières réalisations concrètes permettaient l'inauguration de plusieurs tronçons en Italie et en Suisse.

Un site internet a également vu le jour, mis en ligne par le centre de GéoTechnologie de Sienne (<http://www.viageoalpina.org>). Cette plate-forme collaborative permet aux différents participants du projet d'alimenter progressivement le site, dans la perspective de rendre disponible au plus grand nombre une information téléchargeable gratuitement sous la forme de livrets de découverte correspondant aux étapes de l'itinéraire.

L'état d'avancement du projet dans les différents pays

Les choix et le type de réalisations proposés par chacun des pays reflètent des degrés d'implication bien différents dans la Via GeoAlpina (Fig. 1).

En Italie, quinze itinéraires ont été identifiés. De nombreux acteurs publics à l'échelle nationale, comme l'ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale), ou régionale, comme les universités de Sienne, Padoue, Bologne et Trieste, mais aussi des acteurs institutionnels privés comme des associations de mise en valeur du patrimoine géologique (*Geologia e turismo* – Association italienne de géologie et de tourisme, la société scientifique *I meridiani* ou *Geoturismo* – Association de géotourisme, etc.) ont contribué à l'élaboration des produits didactiques que les randonneurs peuvent télécharger. Les documents actuellement accessibles via internet viennent d'être complétés par un ouvrage de synthèse (Panizza, 2011). Le Parc naturel régional de l'Adamello Brenta, devenu géoparc européen en 2008, est à l'origine des premières réalisations qui ont permis l'inauguration d'un tronçon durant l'été 2009. Ce projet s'inscrivait également dans la dynamique de la demande de classement du massif des Dolomites au patrimoine mondial de l'UNESCO au titre du critère VIII relatif aux sciences de la Terre (Panizza, 2010), inscription acceptée par le Comité du patrimoine mondial en 2009. L'itinéraire proposé – du col de Tonale au lac Tovel – a été choisi bien que ne suivant pas la Via Alpina car celle-ci ne traverse pas les Dolomites de la Brenta. Malgré cela, la double

reconnaissance récente de ce territoire au titre de ses patrimoines géomorphologiques et géologiques exceptionnels a tout naturellement décidé de cet itinéraire (Carton, 2010).



Fig. 1 : Différentes productions de la Via GeoAlpina.

En Suisse, deux tracés de la Via Alpina ont fait l'objet d'une mise en valeur. Le premier se situe sur l'itinéraire principal rouge, dans le canton du Valais, et le second sur l'itinéraire vert, dans le canton de Glaris.

En Valais, de l'étape R105 Anzeindaz-Derborence à l'étape R109 Refuge Tornay-Bostan, des fascicules ont été rédigés et sont disponibles en téléchargement sur le site de la Via GeoAlpina. Des cartes géologiques simplifiées ont également été éditées par l'Office fédéral de topographie (Swisstopo) et sont disponibles dans les différents gîtes et refuges situés le long de l'itinéraire. Tout ce travail a été réalisé par Micha Schlup, Simon Martin et Lenka Kozlik, sous la direction de Michel Marthaler, de l'Institut de géographie de l'Université de Lausanne.

En 2010, au cœur du géoparc de Sarganserland-Walensee-Glarnerland, zone du chevauchement de Glaris reconnu patrimoine mondial de l'humanité en 2007 sous le titre de « Haut-lieu tectonique suisse Sardona », deux étapes ont été réalisées : C3 (Weisstannen-Elm) et C4 (Elm-Linthal). Les informations géologiques simplifiées ont été compilées et sont proposées en allemand, soit en téléchargement sur le site de Swisstopo, soit en version papier sur simple demande à l'organisme fédéral.

En Autriche, la Via GeoAlpina s'appuie sur des outils et structures de médiation des géosciences déjà présentes, situées le long des tracés rouges et violet de la Via Alpina. Leur inscription dans ce nouveau projet a été l'occasion de les faire connaître à l'échelle internationale et ainsi d'élargir leur audience géotouristique. Quatre sites ont ainsi fait l'objet de la rédaction d'une plaquette de présentation papier, tirée à 2000 exemplaires chacune, afin de les associer à la Via GeoAlpina : le parc et sentier du Trias, situés dans le massif du Steinplatte au Tyrol, le sentier du cristal de Koralm, dans le parc géologique de Glashütten, et le géoparc des Alpes carniques, tous les deux en Carinthie, et enfin le géoparc européen Geoline Gams, situé en Styrie.

La Slovénie et l'Allemagne n'ont pas encore réalisé d'action concrète. Le cas de la France est développé ci-dessous.

Quelle médiation géoscientifique pour la partie française de la Via GeoAlpina ?

Le laboratoire EDYTEM a été associé au projet à la fin de l'année 2009 et a pu y participer grâce au soutien d'un programme financé par la Maison des Sciences de l'Homme-Alpes portant sur la mise en valeur du patrimoine géologique. Deux enseignants-chercheurs, une géologue et un géomorphologue, ont constitué une équipe de base. Dès l'origine, un certain nombre de choix ont dû être faits ; en effet, les documents didactiques devaient être conçus pour des néophytes dans le cadre d'une utilisation sur le terrain, le long du parcours. Il fallait donc créer des outils de médiation des géosciences « en distanciel », c'est-à-dire utilisables *in situ* mais sans la présence du médiateur.

Mais quels objectifs pédagogiques poursuivre ? L'acquisition de connaissances formelles, par la transmission d'un savoir d'expert sur, par exemple, la formation d'une

chaîne de montagnes ou l'apprentissage de connaissances plus informelles et ponctuelles ? Fallait-il utiliser les outils de la pédagogie déductive ou s'appuyer sur une pédagogie inductive basée principalement sur l'observation de terrain ?

Quel niveau d'apprentissage viser ? Ainsi, par exemple, les roches étant omniprésentes tout au long du parcours, devait-on privilégier l'acquisition d'un vocabulaire de base ou plutôt l'apprentissage d'outils de détermination permettant de déduire, à partir d'une série de questions fondées sur l'observation, le nom d'une roche ?

Comment articuler les différentes étapes, la majorité des randonneurs ne parcourant que quelques-unes d'entre elles ? Fallait-il les considérer chacune séparément, se suffisant à elle-même et illustrant un phénomène clairement limité, ou les prendre comme un ensemble, chaque étape illustrant un aspect d'un tout qui ne s'organise qu'une fois l'intégralité du parcours effectué ?

Autant de questions fondamentales auxquelles s'ajoutaient des questions beaucoup plus pratiques et organisationnelles. Devait-on réaliser l'ensemble des supports avant de les mettre en ligne et pouvoir ainsi prendre le recul permettant de s'assurer de la cohérence d'ensemble ou bien avancer pas à pas afin de matérialiser la participation française au projet au risque de constater des oublis, répétitions, etc. au cours de l'avancement du travail ?

Une chose était sûre : il fallait élargir l'équipe de travail en faisant appel localement aux compétences des spécialistes reconnus pour les différentes zones traversées afin de garantir la qualité scientifique des documents produits.

D'autres difficultés sont apparues lors du passage à la rédaction. Première difficulté, la question du vocabulaire. Là où parfois on pense le profane bloqué par une difficulté conceptuelle, celui-ci peut simplement être piégé par une question de sémantique. En effet, comme beaucoup d'autres disciplines scientifiques, les géosciences utilisent un jargon spécifique faisant parfois référence à des notions complexes. Ainsi, afin de décrire une paroi exposant une série sédimentaire, situation courante lors d'une randonnée en montagne, quel terme retenir pour l'unité élémentaire de la série ? Celui de *strate* vient immédiatement à l'esprit du géologue ; il désigne une couche homogène d'une roche sédimentaire d'épaisseur variable. Mais il évoque dans ce champ disciplinaire bien plus que cette simple description : on pense immédiatement aux conditions de sédimentation qui peuvent conduire à des épaisseurs extrêmement variables pour des pas de temps similaires, mais également à la succession de ces strates, qui peut être continue ou au contraire révéler des lacunes, être dans une polarité normale ou inverse, etc., autant d'éléments que la simple observation au loin de la paroi ne peut révéler. On peut aussi choisir d'employer des termes plus courants, admis par ailleurs comme synonymes de celui-ci, comme *couche*, *niveau*, *assise*, *banc*, *lit*. Pourquoi pas, mais alors il faut être vigilant car ces noms communs peuvent prêter à confusion du fait de leur polysémie et du décalage sémantique entre leur acception courante et leur sens scientifique. Par exemple, le terme *horizon* pourrait aussi être retenu dans notre cas, mais il induirait alors une confusion, car là où l'horizon laisse imaginer au profane une ligne repère qui est effectivement la

notion associée à ce terme par les anglo-saxons, les stratigraphes français adoptent une tout autre définition puisque l'horizon caractérise une coupure litho- ou biostratigraphique au sein d'un continuum (Ellenberger, 1979).

Autre souci, la référence à des concepts et des modèles non maîtrisés du grand public peut conduire à de fausses impressions de comprendre, voire à la transmission de pseudo-savoirs ou, pire, à la conclusion d'une science inaccessible pour le non initié (Eastes, 2004). Reprenons l'exemple de la paroi où se succèdent des couches de nature différente. Comment expliquer l'origine de ces différences ? Celles-ci sont la conséquence de plusieurs types d'événements qui nécessitent un élargissement spatial de l'échelle d'analyse afin de l'inscrire dans le modèle global de la tectonique des plaques. Ce paradigme fondamental des géosciences explique les fluctuations des conditions de sédimentation par des modifications de la profondeur de dépôt ainsi que de la distance à la côte qui sont à mettre en relation dans notre cas avec l'évolution de l'océan alpin. Mais jusqu'où aller dans la référence au modèle ? Si le principe de l'actualisme de premier niveau ou actualisme d'analogie est souvent un vrai recours, il ne permet pas toujours de venir à bout de certaines idées préconçues (Ravachol-Orange, 2003).

Enfin, il faut mentionner l'existence de cadres de référence décalés entre le spécialiste et le néophyte. Ainsi en est-il du temps et des différentes notions que le scientifique lui associe. La lenteur des événements géologiques les rend inaccessibles à nos sens, d'où une conception souvent fixiste des objets géologiques. Afin d'expliquer la formation de ceux-ci, il est nécessaire de faire intervenir un actualisme de second niveau qui fait appel à la prise en compte du temps long. Mais comment faire percevoir l'immensité du temps des géologues et en particulier la chronologie des événements qui ont constitué les paysages actuels (Sanchez, 2007). Le concept des trois histoires du paysage médiatisé par Michel Marthaler a montré une efficacité certaine (Marthaler, 2004), même si quelques limites apparaissent, comme l'importance donnée aux phénomènes érosifs actuels au risque de faire oublier ceux du passé.

Ultime difficulté qui est apparue alors que nous réalisons l'une des étapes de la Via GeoAlpina : la différence du regard porté sur le paysage suivant nos spécialités. Là où le géologue s'interroge sur l'âge d'une roche ou sur ses conditions de formation, le géomorphologue y découvre les traces du passage d'un glacier... Alors, que privilégier dans la description de l'arrêt ?

Ce travail a soulevé de nombreuses interrogations sur la médiation des géosciences « hors présentiel » c'est-à-dire sans contact direct avec le public et donc sans retour direct et immédiat de celui-ci. Sans apporter de réponses à toutes ces questions, nous avons néanmoins tenté de les prendre en compte afin de produire des documents utiles au plus grand nombre.

La Via GeoAlpina sur le territoire français

La Via Alpina traverse les Alpes françaises en 28 étapes réparties en cinq tronçons permettant de découvrir, du Nord vers le Sud, le pays du Mont-Blanc et les massifs de la Vanoise, du Briançonnais, des Ecrins, du Queyras et du Mercantour (Fig. 2). Le choix a été fait d'aborder chacun des massifs comme un tout, d'en présenter les différentes étapes et de les faire précéder par un court document d'introduction.



Fig. 2 : L'itinéraire de la Via GeoAlpina en France.

Le travail s'est tout d'abord concentré sur les quatre étapes qui concernent la traversée du pays du Mont-Blanc du col de Cou, dans le Haut-Giffre, jusqu'à la commune de Trient (Suisse).

Une fois l'itinéraire parcouru et une collecte des informations existantes réalisée, les points d'arrêt de chaque étape ont été définis. Chaque fiche a été conçue comme un petit livret de sept pages abordant des aspects liés à l'analyse paysagère, l'observation d'au moins un affleurement ainsi que la description d'une roche. La répartition des thèmes retenus cherche l'équilibre entre les différentes spécialités : géomorphologie, géologie, mais également tout ce qui concerne l'aménagement de la montagne, les risques naturels, ainsi que, le cas échéant, des aspects épistémologiques.

Une fois rédigées, les fiches ont été soumises pour relecture à deux spécialistes de cette zone : Michel Delamette, géologue, auteur d'un ouvrage de référence sur la

lité du parcours sont les obstacles principaux à l'avancement de ce travail qui devrait malgré tout pouvoir être achevé en 2011 dans cette première version.

Conclusion et perspectives

L'Année internationale de la planète Terre a été l'occasion de lancer, en 2008, un programme de mise en valeur des géosciences le long de l'itinéraire de la Via Alpina à travers les six pays de l'Arc alpin et l'inauguration des premiers tronçons a été réalisée durant l'été 2009. L'échelle de ce projet ainsi que la diversité des acteurs mobilisés expliquent les différences observées quant aux investissements institutionnels et humains consentis dans les différents pays. Si les réalisations sont déjà nombreuses (site internet, fascicules pédagogiques téléchargeables, éditions de cartes et de dépliants, animations de sorties de terrain, etc.), il reste encore beaucoup à faire et surtout à trouver une cohérence d'ensemble à ce projet. La simple comparaison des documents papiers produits montre en effet une trop grande hétérogénéité qui provient de la diversité des acteurs ayant participé à leur élaboration : géoscientifiques spécialistes de différents domaines, professionnels de terrain intervenant dans des structures de médiation, etc., mais aussi des différences de moyens alloués à leur participation.

Un noyau de participants a malgré tout pu être mobilisé et le projet intéresse tout à la fois des élus locaux, des associations de randonneurs mais également des espaces protégés traversés par la Via Alpina.

Afin de donner une seconde vie à ce projet et d'assurer sa pérennisation au-delà du contexte qui a permis son émergence, plusieurs perspectives peuvent être envisagées :

- monter un programme international qui permettrait de réunir l'ensemble des acteurs opérationnels afin de financer un réel travail d'équipe permettant d'homogénéiser les documents réalisés, de les traduire, d'envisager la rédaction d'un ouvrage commun, etc. Des contacts ont déjà été pris avec les institutions gérant des programmes européens, tel le programme Interreg IVb ALCOTRA ;
- se rapprocher d'un organisme pilotant des projets à l'échelle de l'Arc alpin. Plusieurs possibilités existent :
 - l'association Grande Traversée des Alpes, en charge de la Via Alpina, afin que l'accès aux informations développées pour la Via GeoAlpina puisse être accessible à partir de leur site ;
 - la CIPRA, qui promeut le développement de pratiques écotouristiques au sein de l'Arc alpin et soutient les coopérations internationales dans le cadre de projet de développement territorial et d'aménagement ;
 - le réseau alpin des espaces protégés, qui possède un groupe de travail « Tourisme durable, patrimoine culturel et mobilité douce » et qui pourrait ainsi élargir ses actions de valorisation aux géopatrimoines.

Bibliographie

- Amelot F. (2008). *A la découverte des plus beaux paysages géologiques du pays du Mont-Blanc*. Sallanches, Centre de la nature montagnarde, Programme Interreg IIIA Alcotra.
- Carton A. (2010). La Via GeoAlpina nel territorio del Parco: "Dal Passo del Tonale al Lago di Tovel". *Proceedings of the 2nd workshop of the Italian Geoparks* [en ligne], Adamello Brenta Geopark, http://www.pnab.it/fileadmin/parco/CETS/Convegno_Via_GeoAlpina/Carton_abstract.pdf (Consulté le 07.06.2011).
- Delamette M. (2002). *Le pays du Mont-Blanc – Neuf itinéraires à travers paysages et roches du Mont-Blanc*. Challes-les-Eaux, Ed. Gap, 2^{ème} édition.
- Eastes R.-E. (2004). Les pièges de la médiation scientifique. Proposition de « bonnes pratiques ». *L'actualité chimique*, 280-281, 63-68.
- Ellenberger F. (1979). Origine et histoire du terme Horizon en Géologie et Paléontologie : un exemple d'éclatement sémantique. *Travaux du Comité Français d'histoire de la géologie* [en ligne], 1^{re} série, 16. Disponible sur : <http://Annales.org/archives/cofrhigeo/horizon.html> (Consulté le 27.05.2011)
- Marthaler M. (2004). Lecture et analyse d'un paysage : Zermatt et le Cervin. Un exemple de la mémoire de la Terre révélée par les panoramas. In Reynard E., Pralong J.-P. (eds). *Paysages géomorphologiques*, Lausanne, Travaux et recherche 27, 51-66.
- Panizza M. (2010). Via GeoAlpina – Progetto internazionale per la valorizzazione del patrimonio geologico. L'esempio delle Dolomiti. *Proceedings of the 2nd workshop of the Italian Geoparks* [en ligne], Adamello Brenta Geopark, http://www.pnab.it/fileadmin/parco/CETS/Convegno_Via_GeoAlpina/Panizza_abstract.pdf (Consulté le 07.06.2011).
- Panizza M. (Ed) (2011). *Via GeoAlpina. itinerari italiani. Un'escursione nello spazio e nel tempo ?* Tipolitografia CSR, Rome, 292 p.
- Ravachol-Orange D. (2003). *Utilisation du temps et explications en sciences de la Terre par les élèves de lycée : étude dans quelques problèmes géologiques*. Thèse de doctorat, Université de Nantes, 357 p.
- 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, Institut National de la Recherche pédagogique, Lyon, 400 p.

Le Canigou n'est pas un volcan africain, mais comment le savoir ?

Faiblesses et possibilités de médiation scientifique en Haut-Vallespir et enjeux d'un haut lieu des Pyrénées catalanes pour la diffusion des sciences de la Terre

André Suchet

Institut de géographie alpine
Université de Grenoble
14 bis avenue Marie Reynoard
F – 38100 Grenoble

E-mail:
a.suchet@wanadoo.fr

In Reynard E., Laigre L. et Kramar N. (Eds) (2011). *Les géosciences au service de la société. Actes du colloque en l'honneur du Professeur Michel Marthaler*, 24-26 juin 2010, Lausanne (Géovisions n° 37). Institut de géographie, Université de Lausanne.

Introduction

Le département des Pyrénées-Orientales, partagé entre mer et montagne – 9 stations de ski en moyenne montagne, 5 stations thermales, 10 stations balnéaires, dont Collioure et Argelès-sur-Mer –, accueille chaque année environ 4 millions de touristes et 4 millions d'excursionnistes (Peypoch & Solonandrasana, 2006 ; ODT Pyrénées-Orientales, 2008). La côte sableuse se trouve au nord, la côte rocheuse au sud ; entre les deux, se trouvent un lido et toujours le Canigou, dont le sommet enneigé représente un haut lieu de la catalanité, la montagne sacrée des catalans (Ribas, 1994 ; Brejon et al., 1997). Dans ce département, trois principaux sites offrent des possibilités de géotourisme, ce dernier étant la mise en tourisme d'éléments abiotiques présents dans l'environnement (curiosités géologiques, géomorphosites, sites fossilifère, etc.). En Pyrénées orientales, il s'agit de plusieurs cavités aménagées (Fonttrabiouse, la Cova Bastera, les Canalettes, les Grandes Canalettes, 55 000 à 60 000 visiteurs par an), des Orgues d'Ille-sur-Têt (un ensemble de cheminées de fée, 50 000 à 61 000 visiteurs par an) et des Gorges de la Fou (un profond canyon mis en tourisme par un ensemble d'aménagements qui permet la visite tous publics, 75 000 à 100 000 visiteurs par an).

La médiation scientifique, anciennement nommée vulgarisation, représente une pierre importante à l'édification d'un dialogue entre les sciences de la Terre et la société. Dans ce cadre, les sites géologiques et géomorphologiques d'intérêt mis en tourisme semblent un moyen prometteur d'atteindre les publics. Il s'agit d'une mission importante de l'offre en géotourisme. Au-delà d'une visite expérientielle des « curiosités locales », un travail de médiation scientifique peut aider à comprendre les paysages, la formation du relief de ces Pyrénées méditerranéennes (Sorre, 1913 ; Calvet, 1996), autrement dit, aider la fréquentation touristique présente dans le département à répondre à la question : le Canigou est-il un volcan africain ?

Effectivement, une croyance populaire en Roussillon considère à tort le Canigou (Fig. 1) comme un volcan. Cet effet de titre reprend évidemment celui de Michel Marthaler dans son ouvrage *Le Cervin est-il africain ?* (2001), un ouvrage qui m'a personnellement marqué et enthousiasmé au tout début de mes études et qui motive ce texte.

Dans la communication présentée au colloque dont cet ouvrage est issu, nous avons présenté en survol l'ensemble des sites de géotourisme du département, mais dans l'espace de ce bref chapitre, on retiendra seulement le cas des Gorges de la Fou en Haut-Vallespir. Il s'agit d'un site que nous avons étudié antérieurement (Suchet, 2010) et qui présente l'avantage d'offrir un contre-exemple marquant de médiation scientifique en Pyrénées-Orientales. Il s'agit d'examiner la valorisation du site et la possibilité qu'il offre – ou non – de comprendre les reliefs et d'enrichir le phénomène touristique d'un apport de connaissances en sciences de la Terre. Puis, en ouverture de conclusion, ce chapitre envisage les possibilités pour un haut lieu des Pyrénées – par exemple le Canigou – d'être un support privilégié de médiation scientifique.



Fig. 1 : Le Canigou en Pyrénées catalanes, visible depuis l'ensemble du cordon littoral en lido. Cliché : André Suchet, automne 2008.

Les Gorges de la Fou en Haut-Vallespir

En Haut-Vallespir, le site des Gorges de la Fou, s'annonce être « *un cas géologique unique et étonnant* » dont l'importance en ferait « *le site géologique le plus visité du département* » (notamment selon le site internet des Gorges). Situées dans la vallée du Tech, les Gorges de la Fou se trouvent entre le massif du Canigou au nord et les crêtes faisant frontière avec l'Espagne au sud, du col d'Ares au Roc de France. Avec 75 454 visiteurs en 2009, il s'agit de l'un des principaux canyons aménagés pour la visite en France. Notons parmi les plus connus des autres sites touristiques du même type, les Gorges du Pont du Diable, les Gorges du Fier ou les Gorges de la Diosaz dans les Alpes du Nord et les Gorges de Kakuetta dans les Pyrénées occidentales.

Les Gorges de la Fou sont un canyon au sens géomorphologique, c'est-à-dire une forme de creusement lié à l'eau dans une roche devenant encaissante (Choppy, 1985 : 14; Palmer, 2007 : 408). L'hydro-formation mécanique et/ou chimique crée une sorte de tuyau dans la masse rocheuse dont les parois deviennent plus ou moins hautes (« canyon » vient de l'espagnol cañón qui signifie « tuyau »). Dans les Gorges de la Fou, la hauteur des falaises atteint par moment 205 mètres. La longueur de roche creusée en canyon est de 1740 mètres, dont 1500 ont été aménagés de passerelles et d'escaliers. L'ensemble est protégé par des filets métalliques afin de prévenir d'éventuelles chutes de pierres.

Le site, géré par un Syndicat intercommunal à vocation unique pour l'exploitation des Gorges de la Fou (le SIVU des Gorges de la Fou, 6 salariés, plus 5 emplois saisonniers), regroupe les communes de Arles-sur-Tech, Corsavy et Montferrer. Effectivement, le tracé des gorges concerne les trois communes. A l'entrée des

gorges se trouvent quatre parkings gratuits aménagés dans la pente (100 places). Une structure privée de 6 ou 7 salariés en saison offre buvette/restauration, stand de produits locaux et de souvenirs. On y accède par une route aménagée qui mène aux différents parkings et à l'entrée du parcours (Fig. 2).

Patrimoine naturel ou ressource territoriale ?

L'importance accordée au lieu interroge a priori la possibilité d'une patrimonialisation de cet étroit paysage et de son environnement, c'est-à-dire l'établissement d'un patrimoine naturel des gorges, tel qu'ont pu l'observer dans d'autres espaces E. Reynard (2005) ou M. Duval (2008) ou C. Gauchon, (2010). Toutefois, le lien peu évident du site avec une mémoire locale et la modification controversée de l'intérieur du paysage-canyon (escaliers, passerelles, filets-auvents métalliques, etc.) éloignent d'une élaboration patrimoniale (Lazzarotti, 2003). Effectivement, si l'on considère ce géomorphosite pour sa valeur paysagère, les modifications de l'espace contrarient la notion de protection contenue dans la définition d'une patrimonialisation de paysage. D'ailleurs, localement, il faut dire aussi la controverse suscitée par l'aménagement du site (Suchet, 2010). Au final, plutôt qu'un effet de patrimonialisation, les Gorges de la Fou ainsi exploitées semblent constituer une ressource territoriale en vallée du Tech, c'est-à-dire une spécificité locale activée par un projet (Gumuchian & Pecqueur, 2007).



Fig. 2 : L'entrée du site des Gorges de la Fou en Haut-Vallespir. Cliché : André Suchet, été 2009.

Une étude des différentes plaquettes ou dépliants de présentation (disponibles à l'office de tourisme intercommunal), des communiqués à la presse (*L'Indépendant*, décembre 2007, Guide de l'été Midi Libre, *L'indépendant*, 2009, *L'Indépendant*, juillet 2008, *The Daily Telegraph*, janvier 2001, etc.), du site web municipal des Gorges de la Fou (www.ville-arles-sur-tech.fr/gorgesdelafou2.htm), puis d'autres ressources internet dans lesquelles une page est consacrée au canyon (jedecouvrelafrance.com, catal66.free.fr, france.vadelis.fr) met en évidence une communication centrée sur l'exceptionnalité géologique et géomorphologique du site. Les deux slogans utilisés sont : « Les plus étroites du monde ! » et « Un cas géologique unique et étonnant... ». Effectivement, les richesses géomorphologiques et la flore présente dans le canyon inciteraient à développer une médiation scientifique en sciences de la Terre et en botanique.

Quelle offre de connaissances en sciences de la Terre et en botanique ?

Etant donné leur configuration géomorphologique et leurs propriétés géologiques, les Gorges de la Fou mises en géotourisme offriraient un moyen privilégié de vulgarisation scientifique pour les sciences de la Terre. C'est l'un des principaux enjeux d'une offre en géotourisme (Roucan, 1994 ; Dowling & Newsome, 2006 ; Pralong, 2006). L'explication par les géosciences de la formation du site et de son environnement permettrait de reconstituer l'histoire des reliefs en Pyrénées orientales (Calvet, 1996) et la formation du Canigou. Les Gorges de la Fou renferment également une flore extrêmement variée, particulièrement intéressante et objet de sorties botaniques pour les associations locales qui recensent 83 espèces. On y découvre, par exemple, la *Ramonda myconi*, aux fleurs tantôt blanches, tantôt violettes, plante endémique du massif pyrénéen, héritière d'un climat chaud pendant le Tertiaire, ce qui pourrait être présenté aux enfants comme étant le moment de la disparition des dinosaures (au sujet de la médiation scientifique des notions de temps en géosciences, voir Pralong, 2003). Les Gorges de la Fou et leur flore témoignent aussi des évolutions de température. D'ailleurs, les relations entre la *Ramonda myconi* et le climat font l'objet de recherches scientifiques majeures en botanique (Dubreuil et al., 2008).

La visite des Gorges de la Fou, dont la durée est estimée à 1h30, se réalise sans guide, même sur demande ou réservation. Pour le prix de 6€60 par adulte, 3€40 par enfant de 5-12 ans et 5€ pour les groupes, il est remis un casque et une feuille imprimée. Dans les gorges, les visiteurs doivent obligatoirement porter le casque, alors même que l'ensemble du parcours est protégé par un filet métallique à double maille. Aucun passage ne peut être sujet à chutes de pierres. En fait, la distribution d'un casque comporte plutôt une fonction commerciale et touristique. Le casque donne une impression « d'expédition ». Pour les visiteurs, comme par mise en scène, le parcours devient une aventure, mais une aventure en toute sécurité.

La feuille imprimée ne comporte aucun plan, ni schéma ou photographie commentée dans une intention de médiation scientifique ; seul le paragraphe d'introduction

comporte quelques indications. Le texte renvoie à la définition d'un canyon mais plusieurs éléments ne relèvent pas d'une médiation scientifique et restent au niveau d'un argument commercial, avec en particulier l'idée de « canyon le plus étroit du monde » et le caractère de « cas géologique unique et étonnant » que reprend le *Guide du Routard 2005-2006* du Languedoc-Roussillon. Pourtant, le département des Pyrénées-Orientales dispose d'une trentaine de canyons, dont plusieurs avec des encaissements comparables : le Llech, Salt Maria Valenta, le Gourg des Anelles, le canyon du Mas Calsan. On peut aussi regretter la mention « se chiffrant par une somme effrayante de siècles » plutôt que de situer l'époque par rapport à des repères connus de tous (les dinosaures, la préhistoire, par exemple). A l'inverse du document qui annonce « tout un réseau de galeries et de grottes », les spéléologues que nous avons consultés, notamment Gabriel Hez et Fabrice Fillols, indiquent un karst restreint, non pénétrable, sans résurgence ou émergence repérable. Enfin, la dernière phrase du paragraphe suggère une nature sédimentaire de la roche « massif calcaire » mais il n'est pas possible de demander des informations plus précises (alors même que les Gorges de la Fou contiennent du marbre, roche métamorphique résultant de la transformation d'un calcaire). Dans notre cas, les questions ont obtenu pour seule réponse : « C'est du calcaire ... » ou « ... il y a plusieurs roches, avec des pierres dans l'eau, c'est une formation géologique naturelle... euh » et finalement « on ne sait pas. ...On ne peut pas vous dire ».

Ainsi, à l'encontre des attentes induites par la communication faite autour du site, la visite des Gorges de la Fou se caractérise par une absence quasi-totale de médiation scientifique en géologie, géomorphologie, tectonique, minéralogie, stratigraphie ou botanique. Aucune référence au Canigou n'est présente. Dans le même sens, au sortir de l'étroit du canyon, plutôt que d'inciter à observer l'ouverture assez impressionnante du paysage sur de grandes falaises ou de proposer une table d'orientation, pas moins de six écriteaux affichent « Fin de la visite », « Téléphone de secours » ou « Baignade interdite ».

Conclusion et réflexion pour une approche territoriale de la médiation en sciences de la Terre

Au-delà d'un paragraphe de conclusion à propos de la faiblesse des intentions de médiation en sciences de la Terre dans le cas du site des Gorges de la Fou en Haut-Vallespir, cette dernière partie souhaite revenir sur la référence faite au Canigou.

Il s'agit de proposer une approche territoriale de la médiation en sciences de la Terre. Selon nous, lorsque différents sites d'intérêt géologique ou géomorphologique d'une même zone méritent valorisation, indépendamment d'une mise en réseau ou d'une approche marketing et promotionnelle (Venzal-Barde, 2006 ; Pralong, 2010), un paysage et/ou un élément du paysage de référence territoriale semblent pouvoir être l'accroche privilégiée d'une compréhension des reliefs, en d'autres termes un site dont la médiation en sciences de la Terre permettrait localement de comprendre son territoire. Parfois théorisé en tant que vue emblématique (c'est le cas du Cervin selon Debarbieux, 2003 : 448), voire en haut lieu lorsqu'il fait l'objet de pratiques rituali-

sées (c'est le cas du mont Canigou en Pyrénées catalanes avec l'organisation des feux de la Saint Jean), une localisation géographique chargée de sens permet d'attirer l'attention. Michel Marthaler ne fait pas autrement en intitulant son ouvrage : *Le Cervin est-il africain ?*

Autrement dit, en attirant l'attention à partir d'un lieu qui fait sens puis en proposant de le comprendre au plan géologique, géomorphologique, tectonique ou minéralogique, et stratigraphique... se joue la possibilité d'une approche territoriale de la médiation scientifique.

A l'inverse d'éloigner la fréquentation locale et les excursionnistes – sous prétexte qu'ils ne dépensent quasiment rien sur les sites et ne laissent que leurs déchets – au profit du tourisme et d'un marketing efficace auprès des clientèles séjournant avec une structuration des filières de commercialisation (tel que le formule notamment Pralong, 2010), il s'agit de proposer un site qui rend possible l'expression d'une adhésion collective localement partagée, c'est-à-dire un lieu fragment et symbole du territoire (Debarbieux, 1995, 2003). Par suite, l'intérêt que manifeste la population locale envers un lieu y engage justement le tourisme en sa quête d'authenticité (MacCannell, 1976 ; Wang, 1999 ; Cousin & Réau, 2009), un effet de motivation intrinsèque relayé ensuite par les guides de voyage, les sites internet ou autres forums, parfois même en dehors de tous les grands circuits de commercialisation. A minima, on pense à des tables d'orientation et d'interprétation ou l'ajout d'un parcours pédagogique sur des promenades fréquentées. Plus largement, pour le formuler très simplement, quel meilleur moyen en Pyrénées catalanes de proposer les sciences de la Terre au public qu'en posant la question : le Canigou est-il un volcan ... africain ?

Bibliographie

- Brejon M.-E., Bobo J.-P., Soutadé G. (eds) (1997). *Le Canigou 1896 - 1996*. Perpignan, Publication des Archives départementales des Pyrénées-Orientales.
- Calvet M. (1996). *Morphogenèse d'une montagne méditerranéenne : les Pyrénées orientales*. Perpignan/Orléans, Presses universitaires de Perpignan/BRGM.
- Choppy J. (1985). *Dictionnaire de spéléologie physique et karstologie*. Edition de l'auteur.
- Cousin S., Réau B. (2009). *Sociologie du tourisme*. Paris, La Découverte.
- Debarbieux B. (1995). Le lieu, fragment et symboles du territoire. *Espaces et Sociétés*, 82-83, 13-35.
- Debarbieux B. (2003). Haut lieu. In Lévy J., Lussault M. (eds). *Dictionnaire de la géographie*, Paris, Belin, 448-449.
- Dowling R. K., Newsome D. (eds). (2006). *Geotourism*. Amsterdam, Elsevier.
- Dubreuil M., Riba M., Mayol M. (2008). Genetic structure and diversity in *Ramonda myconi* (Gesneriaceae): effects of historical climate change on a preglacial relict species. *American Journal of Botany*, 95(5). 577-587.
- Duval M. (2008). Patrimonialisation et mise en tourisme des espaces naturels : l'exemple des gorges de l'Ardèche. *Géographie et Cultures*, 66, 61-78.

- Gauchon C. (2010). *Tourisme et patrimoines : un creuset pour les territoires ?* Mémoire de diplôme d'Habilitation à diriger des recherches, Université de Savoie, Chambéry.
- Gumuchian H., Pecqueur, B. (2007) (eds). *La ressource territoriale*. Paris, Anthropos.
- Lazarotti O. (2003). Patrimoine. In Lévy, J., Lussault M. (eds). *Dictionnaire de la géographie*, Paris, Belin, 692-693.
- MacCannell D. (1976). *The tourist. A new theory of the leisure class*. New York, Schocken Books.
- Marthaler M. (2001). *Le Cervin est-il africain ? Une histoire géologique entre les Alpes et notre planète*. Lausanne, LEP Loisirs et Pédagogie.
- ODT Pyrénées-Orientales. (2008). *La fréquentation touristique des PO* [en ligne]. Disponible sur : <http://observatoire-cdt66.typepad.fr/frequentation/> (consulté le 12 septembre 2010).
- Palmer A.N. (2007). *Cave geology*. Dayton OH, Cave Books.
- Peypoch N., Solonandrasana B. (2006). Panorama et analyse descriptive de la fréquentation touristique européenne en Languedoc-Roussillon. *Téoros*, 25(1), 50-54.
- Pralong J.-P. (2003). Valorisation et vulgarisation des sciences de la Terre : les concepts de temps et d'espace et leur application à la randonnée pédestre. Lausanne, Institut de Géographie, *Travaux et recherches*, 24, 115-127.
- 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, Université de Lausanne. Lausanne, Institut de Géographie, *Travaux et recherches*, 32.
- Pralong J.-P. (2010). *Le géotourisme, c'est d'abord du tourisme !* Communication au Colloque « Les géosciences au service de la société » en l'honneur du professeur Michel Marthaler.
- Reynard E. (2005). Géomorphosites et paysages. *Géomorphologie : relief, processus, environnements*, 11(3), 181-188.
- Ribas J. (1994). *Canigou : la montagne sacrée des Pyrénées*. Toulouse, Loubatières.
- Roucan J.-P. (1994). Vulgariser les sciences de la Terre. *Géologues*, 102, 42-48.
- Sorre M. (1913). *Les Pyrénées méditerranéennes*. Paris, Armand Colin.
- Suchet A. (2010). Le site touristique aménagé des Gorges de la Fou en Pyrénées françaises. *Téoros*, 29(2), 44-54.
- Venzal-Barde C. (2006). *Le géotourisme dans le Verdon : la mise en réseau des géosites (géologiques et préhistoriques) comme enjeu du tourisme durable*. Thèse de doctorat, Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse, Avignon.
- Wang N. (1999). Rethinking authenticity in tourism experience. *Annals of Tourism Research*, 26(2), 349-370.

La médiation des géosciences comme expérience de décentration culturelle

Nicolas Kramar

Faculté des géosciences et
de l'environnement
Université de Lausanne
Amphipôle
CH – 1015 Lausanne

E-mail:
nicolas.kramar@unil.ch

In Reynard E., Laigre L. et Kramar N. (Eds) (2011). *Les géosciences au service de la société. Actes du colloque en l'honneur du Professeur Michel Marthaler*, 24-26 juin 2010, Lausanne (Géovisions n° 37). Institut de géographie, Université de Lausanne.

Introduction

La médiation scientifique a été identifiée comme l'un des principaux axes de recherche pour le développement de produits géotouristiques (Reynard, 2008). Au regard de l'importance du développement qu'a connu le géotourisme depuis une quinzaine d'années (Dowling & Newsome, 2006), il convient d'interroger les fondements des pratiques de médiation qui sont mises en œuvre pour vulgariser les géosciences. Au delà de conceptions naïves sur l'apprentissage et sur la didactique, conçue comme simple technique de traduction et de transmission de connaissances, la médiation scientifique doit d'abord prendre en considération la question du sens que le public auquel on s'adresse attache au savoir que l'on va communiquer. Dans cette contribution, nous mettons en tension le contexte socioculturel duquel ont émergé les demandes en matière de médiation géoscientifique avec les modalités de médiation qui sont le plus souvent exploitées pour y répondre. L'analyse proposée se fera au travers du questionnement des liens envisageables entre science et culture dans le but de proposer une approche générale de la médiation scientifique adaptée à un public le plus large possible.

Contexte socioculturel d'une demande exprimée en termes de paysage

Pour caractériser le contexte socioculturel relatif au rapport que l'Occident entretient avec son environnement, il est intéressant de prendre comme révélateur le concept de paysage, tant celui-ci est omniprésent d'un point de vue symbolique (Berque, 1991) mais également pratique, avec la mise en valeur des espaces naturels (Lefort, 2003).

Evolution de la mise en valeur des espaces naturels

Globalement, comme le rappelle Georges Bertrand dans un article de 1989, on assiste dans nos sociétés à un « retour en puissance de la Nature et à la Nature » (Bertrand, 1989 : 102). Si l'on considère la mise en valeur des espaces naturels et leurs évaluations depuis les années 1970, cela se traduit concrètement par une évolution qu'Isabelle Lefort (2003) décrit en deux temps. D'abord s'est mise en place une approche purement naturaliste et écologique au travers d'études d'impacts et de zonages. Ensuite, depuis les années 1980, s'est développée une approche paysagère, plus complexe et plus riche, nécessitant de considérer notre environnement non plus uniquement au travers du prisme des sciences naturelles mais également en y ajoutant une dimension qui relève des sciences humaines et sociales. Cette approche pluridisciplinaire, constitutive de la notion de paysage, est exprimée dans la définition du paysage adoptée par la Convention européenne du paysage le 20 octobre 2000 à Florence : « *Paysage* désigne une partie de territoire telle que perçue par les populations, dont le caractère résulte de l'action de facteurs naturels et/ou humains et de leurs interrelations ».

Une telle évolution, d'une approche purement naturaliste à une approche paysagère, s'est accompagnée d'un objectif de « faire connaître » (Lefort, 2003 : 818) selon un

mécanisme de patrimonialisation du naturel par lequel les investigations scientifiques sont le prélude à la sensibilisation et la mise en valeur, entrepris dans un but de protection. Dès lors, des objets naturels constituent de nouveaux objets touristiques pour lesquels il est nécessaire de développer des moyens de médiation adaptés.

Le paysage comme révélateur de l'évolution de notre rapport à l'environnement

Pour comprendre les raisons qui ont amené nos sociétés à ne pas se limiter à la seule dimension environnementale et lui adjoindre une dimension paysagère, il est utile d'abord de mettre dans une perspective anthropologique et historique la relation que l'Occident entretient avec son environnement.

Dans une approche d'anthropologie comparée, Philippe Descola (2005) caractérise les relations de l'Homme à son milieu naturel au moyen d'une typologie à quatre ontologies (totémisme, animisme, naturalisme et analogisme) qui se définissent selon un critère de ressemblance ou de différence appliqué dans la relation que l'Homme entretient avec son milieu naturel au plan de l'intériorité et de la physicalité. Une telle grille d'analyse permet d'abord de caractériser et de relativiser la représentation particulière que l'Occident se fait de la relation entre l'humain et le non humain. Sur la base de cette grille, il apparaît que l'Occident est la seule région du monde appartenant au naturalisme, c'est-à-dire qui considère que l'Homme appartient à la même réalité physique que son environnement tout en possédant des principes intérieurs qui lui sont propres, différents. Ensuite, Descola note que l'Occident est passé au cours de l'histoire d'une ontologie d'« analogisme » où chaque entité possède une nature propre aux niveaux de l'intériorité et de la physicalité à celle de « naturalisme », comme en témoignent d'abord les représentations picturales à l'aube de la Renaissance (Descola, 2010) puis les textes philosophiques du siècle de la révolution scientifique, le XVII^e siècle. Une telle révolution des fondements de la pensée occidentale se traduit par une distanciation et une objectivation de l'Homme sur son milieu qui seront à la base de la modernité : c'est la conceptualisation de la dichotomie sujet/objet où l'Homme, selon la célèbre formule de Descartes, devient « comme maître et possesseur de la Nature » dans une conception mécaniste du monde.

Cette évolution de notre rapport au monde a permis le formidable développement de toutes les sciences de la Nature. Cependant, et parallèlement à ce mouvement de progrès de la connaissance, la culture occidentale va témoigner également des limites associées à l'ontologie qui la caractérise depuis la Renaissance. Une première remise en question des bienfaits de la science se manifeste au passage du XIX^e au XX^e siècle, avec le divorce entre science pure et science appliquée, que l'on peut constater au travers de l'évolution des entreprises de vulgarisation de cette époque, en particulier des pièces de théâtre où est manifesté le rejet d'une science jugée inhumaine et coupée du monde (Raichvarg & Jacques, 2003). Puis, une seconde remise en question, plus profonde, s'est progressivement instituée dans la seconde partie du XX^e siècle avec, de manière générale, la prise de conscience de la finitude de la Nature, dès lors considérée comme vulnérable. Dès lors, la montée en force de la question du paysage dans la dernière partie du XX^e siècle est en partie liée et cor-

relée à la crise du projet moderne de maîtrise de la Nature. Elle semble être, et c'est la thèse du géographe Augustin Berque (1989, 1991, 1995), l'expression du besoin d'un nouveau rapport au monde qui dépasserait la coupure de l'Homme avec la Nature et par conséquent du paradigme de pensée mis en place à la Renaissance. Pour y répondre, selon Berque, l'enjeu consiste à ajouter à la distanciation moderne du sujet – l'observateur – avec l'objet – la Nature – une seconde distanciation du sujet sur lui-même. Ainsi la dualité sujet/objet n'est pas rejetée, Berque rappelant l'impossibilité d'un tel retour en arrière, mais est enrichie d'une prise en compte consciente des significations construites sur le monde et dont l'étude relève des sciences humaines et sociales. Il appelle « paysagement » ce renouveau du paysage, conçu comme une « harmonisation consciente du rapport de sa subjectivité avec la réalité des choses » (Berque, 1991 : 224).

Pour conclure sur la demande paysagère, on constate que l'on se trouve à un moment charnière de l'histoire des idées où ce qui est en question relève fondamentalement de notre relation au milieu naturel. Dès lors, la question de la crise de la modernité, mentionnée plus haut, apparaît comme une question culturelle liée à notre cosmologie. Et l'omniprésence du paysage, sa demande, en est une manifestation forte à laquelle la médiation scientifique doit aussi répondre. Ainsi, dans ce contexte, elle ne peut pas, ou plus, proposer un discours uniquement conçu comme un projet d'objectivation idéalisé mais devrait y adjoindre une dimension culturelle relative au sens qu'est donné, en particulier en Occident, à notre milieu (Kramar, 2009).

Quel lien entre science et culture pour la médiation scientifique ?

Ainsi, l'évolution d'une approche naturaliste à paysagère comme manifestation d'un besoin de renouveler notre rapport au monde amène à devoir considérer conjointement la science et la culture. Il convient dès lors de considérer l'articulation entre science et culture au moyen des principales définitions de la culture et de rechercher parmi celles-ci des éléments permettant de caractériser l'offre de médiation géoscientifique actuelle. Pour tenter de dresser quelles formes de rapprochement peuvent être proposées entre géoscience et culture, on peut considérer les principales définitions de la culture.

Définitions de la culture

De manière générale et se basant sur une des dichotomies classiques de l'anthropologie, celle exprimée en terme de nature et culture, la culture relève de tout ce qui n'est pas héréditaire. Dès lors, la science est une activité culturelle et il est alors évident que communiquer des savoirs scientifiques consiste en une forme de communication culturelle. Cette première définition est trop large puisqu'elle n'est pas opérationnelle pour rendre compte du contexte d'évolution des idées que nous connaissons en Occident : s'en contenter supposerait que l'on accepte l'idée qu'on puisse communiquer le savoir scientifique aujourd'hui de la même manière que par le passé,

mû par un principe uniquement internaliste d'une science se suffisant à elle-même sans lien avec le contexte culturel dans lequel elle se construit.

Afin de développer l'analyse des liens entre science et culture, on peut alors se référer aux deux sens que la langue allemande donne au terme « culture » : *Kultur* et *Bildung*. Le premier, *Kultur*, renvoie à une dimension collective en caractérisant la culture d'un groupe, ce que l'édition du Petit Robert 2011 décrit comme l'« ensemble des aspects intellectuels propres à une civilisation, une nation ». À l'inverse, la culture peut avoir une dimension individuelle : c'est le sens donné à la culture générale d'une personne et qui est liée à son sens critique et à son jugement personnel (*Bildung*).

A priori, ces deux dimensions du mot *culture* sont complémentaires du fait qu'elles servent à caractériser, soit la culture d'un individu, soit celle d'un groupe. Cependant, elles sont ambivalentes puisque la culture dans le sens individuel peut être le moyen pour un individu de se libérer de sa culture conçue dans un sens collectif : il peut vivre ainsi une expérience de décentration culturelle. Ce point, basé sur l'ambivalence du terme de culture, permet alors de définir pour un thème donné un potentiel expérientiel conçu comme le décalage entre des représentations partagées par le grand public et certains savoirs académiques.

Sur cette base, on peut poser que l'exploitation du potentiel expérientiel constitue un critère de qualité d'un produit géotouristique à vocation culturelle. Il serait souhaitable de le prendre en considération lors de l'évaluation d'un site, en analysant non seulement si le potentiel existe, mais si le dispositif de médiation est susceptible de l'exploiter. C'est sur la base de ce principe et en considérant la demande exprimée en termes de paysage que l'on peut maintenant analyser l'offre de médiation des géosciences.

La communication scientifique principalement conçue comme moyen d'affirmation de la culture d'un groupe

De façon générale, la création de biens touristiques relatifs aux géosciences est confiée le plus souvent à des experts de ce domaine, fortement motivés par la promotion de leur discipline d'origine. On constate que les principes de communication mis en place sont très souvent les mêmes. Dans le but de faire voir les résultats des travaux scientifiques, il est entrepris de les traduire au moyen d'un mode de communication exclusivement transmissif où l'on procède par une double simplification, linguistique et iconographique.

D'un point de vue didactique, une démarche procédant d'une approche transmissive a une portée limitée s'il est l'unique mode de communication entrepris. Pour qu'une telle démarche soit pertinente, il est nécessaire qu'entre le médiateur et le public soient partagés les mêmes questionnements, les mêmes cadres de référence, les mêmes façons de produire du sens et que derrière les mots soient exprimées les mêmes significations (Giordan, 1998). Or, dans le contexte que nous étudions, à l'inverse de ce qui se produit au sein des communautés scientifiques où ce mode de

communication est dominant, ces conditions ne sont que très faiblement remplies. Par conséquent, son impact se limitera à un public très restreint. A cette limitation d'ordre didactique s'ajoute une seconde, d'ordre épistémologique, car une approche uniquement transmissive ne peut que renforcer auprès du grand public une représentation dogmatique du savoir scientifique et de stéréotypes tels que celui où la science se construirait uniquement par induction et où l'activité scientifique consisterait essentiellement à mieux observer les phénomènes naturels.

Comme le rappelle André Giordan (1998), le mode de communication transmissif correspond à une théorie de la connaissance particulière, à savoir l'empirisme et en particulier ce que John Locke a résumé par le principe de « *tabula rasa* ». Selon ce principe, les connaissances proviennent essentiellement des informations et des expériences vécues par un individu, par une sorte d'imprégnation de faits libres de toutes dimensions subjectives et globalement de l'extérieur de l'individu vers l'intérieur. Malheureusement, un tel mode de pensée à sens unique, et *a fortiori* son expression en termes de communication, ne peut répondre aux demandes exprimées en terme de paysage puisqu'il est uniquement conçu comme un projet d'objectivation idéalisé de notre environnement. Dès lors, on peut conclure qu'une approche uniquement transmissive et conçue comme traduction du savoir académique se limitera à être le moyen de valorisation de la culture d'un groupe (au sens de *Kultur*), les scientifiques. Les conditions particulières nécessaires à la réussite de ce type de communication n'étant pas remplies, il en résulte que la majorité du public ne peut pas s'approprier le message qui est communiqué et que le potentiel expérientiel n'est pas exploité.

Apports des géosciences pour faire vivre une expérience de décentration culturelle

Dès lors, se pose le problème de développer une médiation capable de mobiliser le savoir des géosciences pour permettre à un plus grand public de vivre une expérience personnelle de remise en question de représentations relatives à notre environnement. Sans vouloir faire ici l'inventaire des potentialités des géosciences pour atteindre cet objectif, on peut tenter d'en définir un des messages essentiels qui est encore largement en décalage avec la pensée commune.

Les géosciences se caractérisent par un pôle fonctionnaliste et un pôle historique (Orange Ravachol, 2003). Au-delà de savoirs disciplinaires spécifiques, tels que des classifications ou des mécanismes physico-chimiques, le message fondamental des géosciences que l'on peut tirer du pôle historique se dessine dès la naissance de la géologie moderne, lorsque sont posés les principes de la stratigraphie par Sténon dans la deuxième partie du XVII^e siècle (Ellenberger, 1999) : le milieu s'est constamment transformé durant un temps qualifié, en l'absence de moyens de datation absolue, de profond. A cette idée de transformations dans le passé s'est ajoutée par la suite celle que ces transformations ne cesseront jamais et que par conséquent notre milieu est en perpétuelle transformation.

Il apparaît que ce message est encore largement absent des représentations communes. Car, si la possibilité d'un temps long est généralement admise, celui-ci est

essentiellement associé à la notion d'évolution des espèces vivantes et à l'origine de l'Homme en particulier. Dans une telle représentation du temps, finaliste, ce qui relève des géosciences est associé au règne minéral qui, dans une représentation de notre monde modélisé selon trois règnes, est conçu comme ayant été créé une fois pour toute et ayant pour seule fonction de servir de substratum aux règnes du vivant (Kramar, 2005). Ce point se manifeste en particulier dans le cadre scolaire par ce qui est qualifié dans la littérature didactique d'« obstacle de l'état stable de la Nature ».

Il s'agit d'un formidable potentiel à exploiter en priorité pour développer une offre de médiation scientifique culturelle dans le sens qu'elle offre la possibilité de vivre une expérience de décentration culturelle. Un tel message devrait constituer un objectif de communication prioritaire et central d'une démarche de médiation géoscientifique. Ce n'est qu'à cette condition que le savoir disciplinaire peut avoir du sens pour le plus grand nombre : il est nécessaire mais mobilisé et subordonné à l'objectif principal de mettre en perspective et en question des représentations partagées sur l'environnement.

Conclusion

L'enjeu du développement de nouvelles approches de communication scientifique a d'abord un aspect concret. Elle concerne le développement d'offres récréatives et touristiques de qualité, mieux à même de répondre au public le plus large possible. L'impact du procédé de communication le plus couramment utilisé, l'approche transmissive consistant à traduire le savoir au moyen d'une simplification linguistique et iconographique, est limité pour plusieurs raisons. D'abord, d'un point de vue didactique, les conditions qui sont nécessaires pour le rendre efficace ne sont que très partiellement remplies dans le cadre de création de biens touristiques destinés à un large public. Ensuite, ce procédé a plus de risque d'échouer à répondre aux demandes exprimées en terme de paysage puisqu'il découle d'un rapport au monde justement remis en question par l'émergence de la question du paysage appelant à dépasser la seule objectivation de la Nature.

Dès lors, afin d'optimiser l'efficacité de propositions de médiation des géosciences, il est proposé de les envisager comme un moyen de faire vivre une expérience de décentration culturelle. Cela consiste, en priorité à toucher les publics dans leurs représentations relatives à leurs rapports au milieu naturel. Paradoxalement, bien qu'une telle proposition semble s'éloigner du savoir académique disciplinaire des sciences de la Nature, elle ne portera cependant pas préjudice à son apprentissage. Au contraire, elle offre l'avantage de permettre à un plus grand public de donner du sens à ce type particulier de savoir, ce qui constitue une condition nécessaire pour rendre possible un apprentissage. Il s'agit alors de développer une didactique fondée non pas exclusivement sur une épistémologie internaliste, pour laquelle la science, par ses critères, méthodes et valeurs, se suffirait à elle-même, mais en y adjoignant une dimension externaliste relative à la dimension culturelle dans laquelle les savoirs scientifiques comme les représentations partagées se sont constitués. Comme l'écrivait Georges Bertrand (1989 : 105), il s'agit alors de « *participer aux développements d'une culture d'interface anthropo-naturaliste qui manque à notre société aux savoirs*

compartimentés ». Dès lors, la médiation scientifique, en particulier celle des géosciences, peut être une composante importante du renouvellement des liens entre science et culture. Elle n'y parviendra qu'en renouvelant le rapport Homme-Nature, ce qu'énonçait déjà le prix Nobel de physique Werner Heisenberg cité par Vasselin (2008) : « *Nous nous trouvons dès l'abord au sein d'un dialogue entre la Nature et l'Homme dont la science n'est qu'une partie, si bien que la division conventionnelle du monde en sujet et objet, en monde intérieur et monde extérieur, en corps et en âme, ne peut plus s'appliquer et entraîne des difficultés. Pour les sciences de la Nature également, le sujet de la recherche n'est donc plus la Nature en soi, mais la Nature livrée à l'interrogation humaine et, dans cette mesure, l'homme, de nouveau, ne rencontre ici que lui-même* ».

Bibliographie

- Berque A. (1989). La transition paysagère, ou sociétés à pays, à paysage, à shanhui. *L'Espace géographique*, 18, 18-20.
- Berque A. (1991). La transition paysagère comme hypothèse de projection pour l'avenir de la nature. In Roger A., Guéry F. (eds). *Maître et protecteur de la nature*, Paris, Champs Vallon, 217-237.
- Berque A. (1995). De paysage en outre-pays. In Roger A. (éd.). *Théorie du paysage en France*, Paris, Champs Vallon, 346-359.
- Bertrand G. (1989). Chassez le naturel..., *L'espace géographique*, 18, 102-105.
- Descola P. (2005). *Par delà nature et culture*. Paris, Gallimard.
- Descola P. (2010). Entretien avec Philippe Descola : autour de *Par delà*, *Actu Philosophia* [en ligne]. Disponible sur : <http://www.actu-philosophia.com/spip.php?article250> (consulté le 15.12.2010).
- Dowling R.K., Newsome D. (2006). *Geotourism*, Oxford, Burlington, Elsevier.
- Ellenberger F. (1999). *Histoire de la géologie, tome 2 : la grande éclosion et ses prémices, 1660-1810*. Paris, Lavoisier.
- Giordan A. (1998). *Apprendre*. Paris, Belin Sciences.
- Kramar N. (2005). Enjeux didactiques et épistémiques liés à l'utilisation d'un modèle historique en Sciences de la Terre. In Giordan A., Martinand J.-L., Raichvarg D. (eds). *XXVII^e Journées internationales sur la communication, l'éducation et la culture scientifique et industrielle*, Cachan, LIREST, CD-ROM, 5 p.
- Kramar N. (2009). La didactique du paysage entre science et culture. In Martinand J.-L., Tiquet E. (eds). *XXX^e Journées internationales sur la communication, l'éducation et la culture scientifique et industrielle*, Cachan, LIREST, CD-ROM, 7 p.
- Lefort I. (2003). Analyse comparée des modèles d'évaluation du patrimoine naturel dans le cadre de la valorisation touristique. In Gravari-Baras M., Guichard-Anguis S. (eds). *Regards croisés sur le patrimoine dans le monde à l'aube du XXI^e siècle*, Paris, Presse de l'Université de Paris-Sorbonne, 817-825.
- Orange Ravachol D. (2003). *Utilisations du temps et explications en Sciences de la Terre par les élèves de lycée : étude dans quelques problèmes géologiques*. Thèse de doctorat, Université de Nantes. [en ligne]. Disponible sur : <http://tel.archives-ouvertes.fr/> (consulté le 15.12.2010).
- Raichvarg D., Jacques J. (2003). *Savants et ignorants. Une histoire de la vulgarisation des sciences*. Paris, Seuil.

- Reynard E. (2008). Scientific research and tourist promotion of geomorphological heritage. *Geografia fisica e dinamica quaternaria*, 31, 225-230.
- Vasselin H. (2008). Voir Albert voir la montagne. Notes sur l'écriture du film : Comment Albert vit bouger les montagnes, *Alliage* [en ligne], 63. Disponible sur : <http://www.tribunes.com/tribune/alliage/63/page8/page8.html> (consulté le 15.12.2010).

Les savoirs géologiques et la société : entre problématisation et *storytelling*

Denise Orange Ravachol

CREN EA 2661
Université de Nantes
IUFM des Pays de la Loire
F – 44300 Nantes

E-mail:
denise.orange@univ-nantes.fr

In Reynard E., Laigre L. et Kramar N. (Eds) (2011). *Les géosciences au service de la société. Actes du colloque en l'honneur du Professeur Michel Marthaler*, 24-26 juin 2010, Lausanne (Géovisions n° 37). Institut de géographie, Université de Lausanne.

Introduction

Les problèmes dont s'emparent les géosciences suscitent l'intérêt du public, qu'ils renvoient à l'histoire de la Terre (crises biologiques), à des phénomènes spectaculaires (volcanisme, séismes) ou qu'ils soient directement en prise avec des enjeux sociétaux (les changements climatiques, la question des ressources naturelles). Dans une société où le partage du savoir des chercheurs et l'acculturation scientifique sont régulièrement mis en avant, quelles difficultés pose l'accès du plus grand nombre à des savoirs scientifiques et plus particulièrement à des savoirs géologiques ? C'est à cette question que se consacre notre contribution, en se focalisant sur la reconstitution de l'histoire de la Terre et les contrôles qu'elle exige. En prenant l'exemple de la formation d'une chaîne de montagnes, un problème cher à Michel Marthaler (2001), nous étudions d'une part comment les géologues parviennent à produire des explications scientifiques, d'autre part comment les élèves la reconstituent et quelles formes de raisonnement ils adoptent.

Qu'est-ce que « s'y connaître » en sciences de la Terre ?

Qu'est-ce que « s'y connaître » (Reboul, 1992) en sciences de la Terre ? La question vaut la peine d'être posée, la géologie s'employant non seulement à expliquer le fonctionnement de la Terre, mais aussi à reconstituer son histoire. Or, cette histoire terrestre propulse dans un passé s'étirant bien au-delà de la mémoire humaine, ce qui accroît le risque de se cantonner dans des spéculations difficilement contrôlables. Les géologues l'ont depuis longtemps compris. Sans abandonner le projet de reconstruire l'histoire « réelle » de la Terre, ils se dotent de gardes fous. Ainsi en est-il du principe méthodologique de l'actualisme (on dit aussi principe des causes actuelles ; l'adjectif « actuel » de l'expression « principe des causes actuelles » résulte d'une mauvaise traduction de l'anglais *actual*. Il signifie *réel* et non *actuel*), véritable instrument de contrôle des reconstitutions historiques et d'accès à la matérialité et à la signification des archives de la Terre. Voici comment l'historien des sciences Gohau le définit (1997 : 140) : il s'agit d'un principe qui affirme que « *le présent est la clef du passé* » ou que « *les causes qui ont agi au long de l'histoire de la Terre ne diffèrent point essentiellement des causes géologiques actuelles (érosion, transport, sédimentation, métamorphisme, volcanisme, plissement et soulèvement des montagnes)* ». Pour saisir l'importance de ce principe, ajoutons que l'épistémologue Hooykaas (1970 : 11) n'en fait rien moins que « *le pont qui permet à notre imagination de se transporter du présent jusqu'au passé et d'évoquer, avec une certaine confiance dans son exactitude, la vision de faits qu'aucun œil humain n'a contemplés* ». Une condition pour s'y connaître en reconstitution du passé de la Terre est donc de recourir consciemment au principe de l'actualisme.

L'histoire des sciences de la Terre donne à voir le rôle majeur tenu par le principe de l'actualisme dans le fonctionnement de ces sciences depuis leur émergence (XVII^e-XIX^e siècles) en tant que sciences historiques. Il contribue en effet à les affranchir des cosmogonies et du catastrophisme qu'elles véhiculent (Hooykaas, 1970 : 114) et il

écarte des interprétations à la lettre des textes religieux. Mais il est d'une utilisation exigeante. Les grandes controverses du XIX^e siècle en attestent, au premier rang desquelles se trouvent celles en lien avec le problème de la formation des chaînes de montagnes. Car, si la nature présente est un vivier de causes géologiques exportables dans le passé, peut-elle les contenir toutes ? Assurément non. L'exemple d'une surrection montagneuse est de ce fait particulièrement parlant. Pour ne pas lâcher l'actualisme, il est nécessaire d'inventer des phénomènes anciens ayant des parentés avec des phénomènes actuels. Si la nature actuelle ne donne pas à voir l'intégralité de certains phénomènes anciens, à tout le moins devons-nous admettre qu'elle en fournit des bribes qu'il s'agit d'intégrer sur un temps long de façon à reconstituer le phénomène entier. Pour reprendre Bergson (1981 : 341), « *le temps est invention* », mais sous contrôle, puisque ces expériences de pensée théoriques s'articulent nécessairement à la construction et à la mise en jeu de contraintes empiriques.

La construction de savoirs raisonnés sur la formation d'une chaîne de montagnes

Comment les géologues parviennent-ils à reconstituer scientifiquement la formation d'une chaîne de montagnes ? Quels usages font-ils du principe de l'actualisme ? Pour travailler ces questions, nous nous appuyons sur l'entretien que nous a accordé le tectonicien André Michard (Orange Ravachol, 2003). Le souci des géologues, nous dit-il, est de construire un scénario explicatif fonctionnel et vraisemblable dans un contexte de tectonique des plaques. Le principe de l'actualisme y contribue, et c'est de manière indirecte que nous en saisissons le rôle, sur l'exemple de la mise en place des ophiolites.

Lorsque Michard évoque le travail de ce problème par les géologues, il s'attarde peu sur la genèse de ce cortège de roches : « *La communauté scientifique actuelle dans son ensemble reconnaît une origine océanique aux ophiolites* ». La mise en correspondance avec des phénomènes actuels perceptibles par l'homme (le magmatisme d'une dorsale océanique) n'est pas problématique. Nous y voyons la mobilisation aisée d'un actualisme de premier niveau (actualisme d'analogie).

Lorsqu'il s'agit d'expliquer des phénomènes orogéniques et tectoniques, Michard s'arme de précautions. D'une part, la question des charriages est encore discutée : des chercheurs minimisent de tels déplacements et le terrain montre ses limites. D'autre part, des processus à l'œuvre dans la nature actuelle font figure d'images éparées d'une obduction : « *il existe un cisaillement intra-océanique et même des zones où une obduction est en cours* » (Nouvelle Calédonie, Nouvelle Guinée ou Taïwan). Il faut donc reconnaître que l'obduction ne se livre pas en totalité aux yeux des chercheurs. Alors, ils l'inventent, par des expériences de pensée qui mobilisent le principe de l'actualisme et construisent la nécessité d'un temps long producteur de phénomènes (Fig. 1).

La reconstitution de l'histoire réelle d'une chaîne de montagnes exige donc d'envisager des processus actuels producteurs de reliefs et de structures et de les imaginer sur une durée qui dépasse le temps humain, dans les limites imposées par le cadre

théorique de la tectonique des plaques. La pratique de cette forme élaborée du principe de l'actualisme (actualisme de second niveau) est aussi la marque de l'activité du géologue.

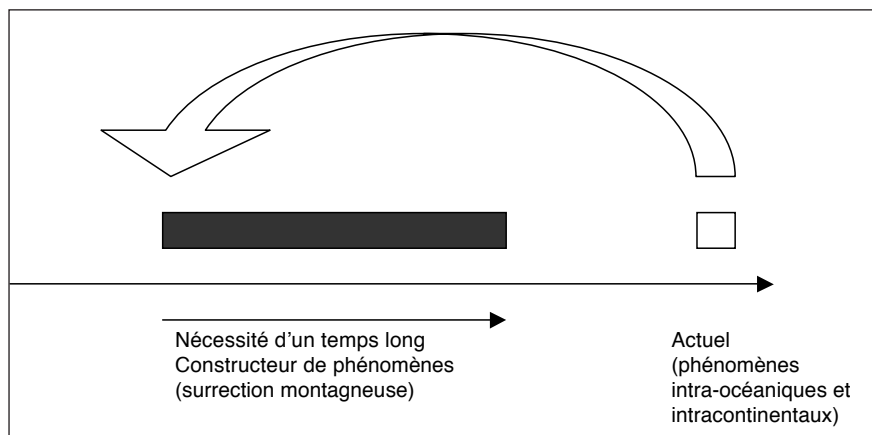


Fig. 1 : Principe de l'actualisme et explication de l'orogénèse.

Avant d'en venir au fonctionnement intellectuel des élèves, nous sommes à même de caractériser la démarche de problématisation du scientifique travaillant le problème historique de la formation d'une chaîne de montagnes. Dans le cadre théorique de la tectonique des plaques, il co-construit et articule un registre empirique (données de terrain et de laboratoire) et un registre de scénarios fonctionnels possibles (Fig. 2). L'actualisme fait figure de principe structurant de cette co-construction complexe et, en conséquence, de condition de possibilité d'une reconstitution historique raisonnée. Il fonctionne à la croisée d'un système de tensions, dont celle qui tend à lui substituer un catastrophisme immédiat.

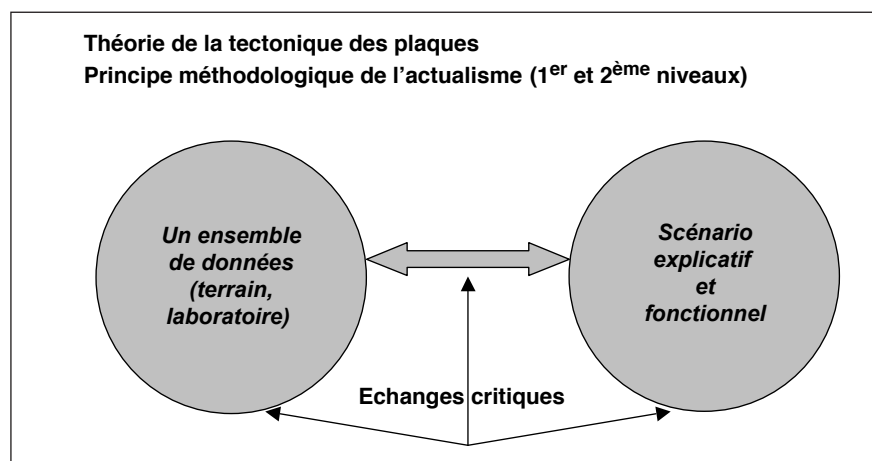


Fig. 2 : Fonctionnement de la reconstitution de la formation d'une chaîne de montagnes par les géologues.

L'explication de la formation d'une chaîne de montagnes par des profanes

Pour le problème de la formation d'une chaîne de montagnes, nous venons de voir que les géologues mettent leurs recherches sous surveillance épistémologique et qu'ils sont capables de produire des scénarios raisonnés parce que sous-tendus par une articulation de pratiques théoriques et empiriques, au sein desquelles le principe méthodologique de l'actualisme tient une place non négligeable. Comment des profanes s'emparent-ils de ce même problème, quelles formes de raisonnement adoptent-ils, quel rapport à l'actualisme entretiennent-ils ? Notre choix se porte sur des élèves de collège (13-14 ans) et de lycée (16-17 ans). Leurs travaux prennent place au début d'une séquence d'apprentissage. Tous ont étudié les aspects globaux de la tectonique des plaques (accrétion, subduction). Les collégiens doivent expliquer la formation de la chaîne himalayenne, les lycéens la mise en place d'ophiolites alpines (Tabl. 1).

Collégiens (13/14 ans)	Lycéens (16/17 ans)
Expliquez comment s'est formée une chaîne de montagnes telle que l'Himalaya. Vous répondrez par un texte et des schémas mettant en jeu la lithosphère.	Expliquez la formation et la localisation des ophiolites du Chenaillet.
<i>Recherche individuelle, puis en groupe</i>	<i>Recherche individuelle</i>

Tabl. 1 : Problèmes relatifs à la formation d'une chaîne pris en charge par les élèves.

Les explications des collégiens

Lorsqu'on demande à des élèves de quatrième (13-14 ans) d'expliquer la formation de l'Himalaya, ils font généralement intervenir des processus de rencontre et d'affrontement de plaques (Fig. 3). Les mouvements de plaques qu'ils convoquent (une remontée vers le haut de deux plaques, le passage d'une plaque sous une autre, etc.) sont contingents (ils pourraient être autres), de circonstance (le besoin de relief est réglé par un bricolage d'objets géologiques) et rarement assujettis à des contraintes temporelles exigeantes (référence à des phénomènes actuels et convocation d'un temps long par exemple). Nous remarquons aussi qu'un certain nombre d'élèves fait intervenir les plaques jusqu'à leur collision, puis change d'objet pour la surrection montagneuse (Fig. 3a), comme s'il n'était pas envisageable pour eux que les plaques perdent leur intégrité. Ce sont autant de marques d'une mise en *petites histoires* de la formation d'une chaîne de montagnes. Les différents schémas de l'affiche de la figure 3a confortent notre interprétation. A la manière de deux personnages, deux plaques initialement éloignées se rapprochent, puis se heurtent, ce qui occasionne soit l'injection ascendante d'un matériau plus malléable (Fig. 3a), soit la remontée des deux plaques vers le haut (Fig. 3b). Au final, des reliefs sont construits en même temps que les plaques restent intactes. Ces propositions explicatives ne sont pas conformes aux explications scientifiques actuelles.

Les collégiens s'en tiennent donc principalement à expliquer la formation du relief, certes dans le cadre de la tectonique des plaques, mais sans en respecter les règles et sans se soucier de contraintes de temps. D'une certaine manière, tout est possible, pourvu que l'on obtienne une forme montagneuse. Les collégiens racontent de *petites histoires* de plaques (*storytelling*).

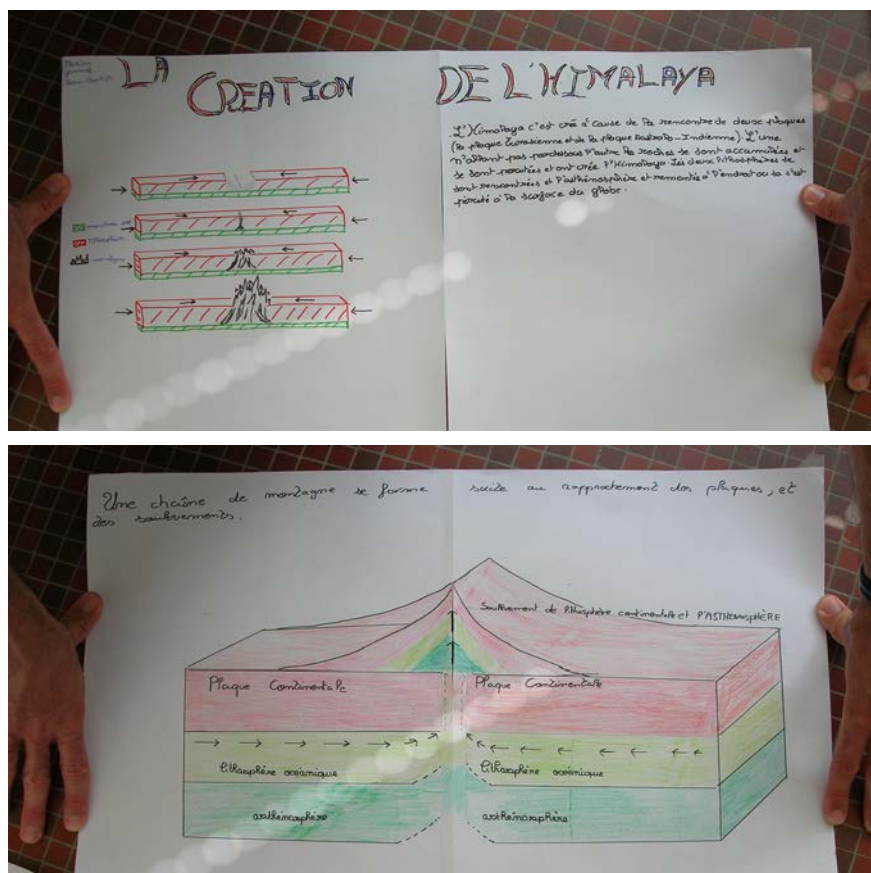


Fig. 3 : Formation d'une chaîne de montagnes selon des collégiens (13-14 ans). A. Transcription du texte : L'Himalaya s'est créée à cause de la rencontre de deux plaques, la plaque eurasiennne et la plaque australo-indienne. L'une n'allant pas par dessous l'autre, les roches se sont accumulées et se sont percutées et ont créé l'Himalaya. Les deux lithosphères se sont rencontrées et l'asthénosphère est remontée à l'endroit où ça s'est percuté à la surface du globe. B. Transcription du texte : Une chaîne de montagnes se forme suite au rapprochement des plaques, et des soulèvements.

Les explications des lycéens

Confrontés au problème de la mise en place des ophiolites, les lycéens recourent eux aussi à du catastrophisme immédiat. Avec leur connaissance des phénomènes géologiques (en matière de possibles tectoniques et orogéniques notamment), nous constatons que ces élèves proposent des solutions qui se rapprochent davantage, en

apparence, de celles des chercheurs. Mais tout se passe comme s'ils se permettaient tout, sans règle ni contrôle, jusqu'à obtenir la configuration actuelle des formations géologiques étudiées. Comme des bricoleurs (Lévi Strauss, 1962), ils inventent le montage de la chaîne de montagnes avec les objets (fonds océaniques, plaques, etc.) et les outils (rapprochement, écartement, affrontement, failles inverses, etc.) dont ils disposent (Fig. 4). Rien de la nature actuelle ne leur sert véritablement de référence et la nécessité du temps long producteur de phénomènes n'est pas construite (Fig. 5). Ils sont bien loin de tenir le principe de l'actualisme constructeur de la nécessité de ce temps long (Fig. 1). Au mieux, ils se cantonnent dans un actualisme d'analogie. Globalement, ils proposent seulement des solutions à l'obtention d'une figure géologique. C'est la marque évidente d'un manque de problématisation géologique dont la condition réside dans la mobilisation du principe de l'actualisme. Comme les collégiens, les lycéens se rabattent sur une mise en histoire (*storytelling*).

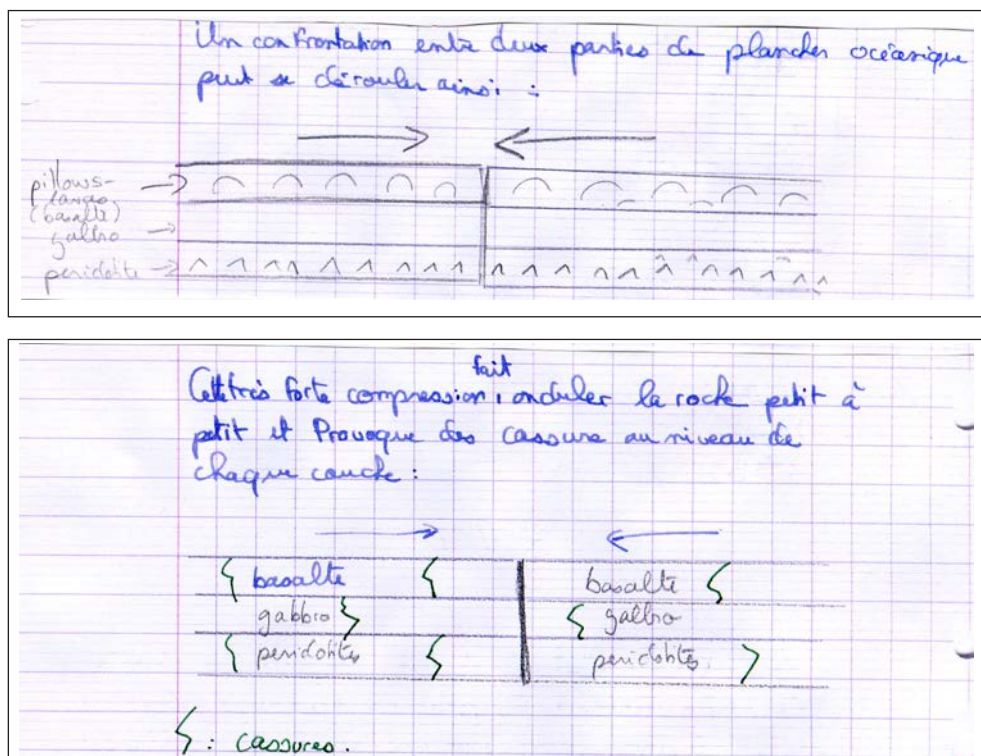


Fig. 4 : Mise en place des ophiolites selon des lycéens (16/17 ans). A. Transcription du texte : Une confrontation entre deux parties de plancher océanique peut se dérouler ainsi. B. Transcription du texte : Cette très forte compression fait onduler la roche petit à petit et provoque des cassures au niveau de chaque couche. C. Transcription du texte : Les « blocs » brisés de chaque roche deviennent de plus en plus indépendants et le mouvement continu de compression les oriente alors plus facilement.

Comparaison des explications des collégiens et des lycéens

Chez le profane (dans nos exemples, des élèves de collège et de lycée avant apprentissage), la démarche de production d'un scénario de formation d'une chaîne de montagnes s'inscrit dans un cadre théorique de tectonique des plaques peu contraignant dans le temps et l'espace (Fig. 3 et 4). Elle met principalement en jeu du catastrophisme de premier niveau (tout s'envisage : remontée de plaques, passage d'une plaque sous une autre, etc.) (Fig. 5). Au mieux recourt-elle à un actualisme de premier niveau (actualisme d'analogie) faisant le plus souvent se conserver dans le temps non pas les processus, comme ce principe l'exige, mais les objets (la conservation des plaques par exemple). Au final, l'explication, généralement portée par un raisonnement linéaire (un élément du système prend valeur de personnage principal dont on suit l'évolution), reste une mise en histoire simple qui cantonne les élèves dans la pensée commune.

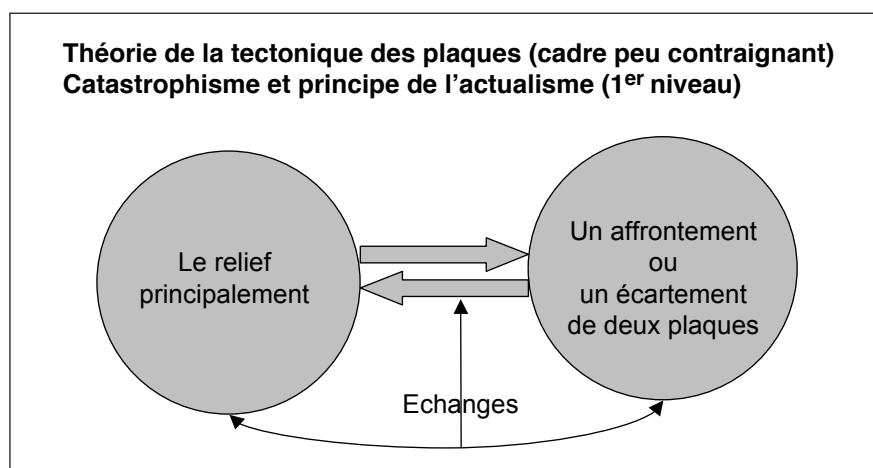


Fig. 5 : Reconstitution de la formation d'une chaîne de montagnes par des profanes (collégiens et lycéens avant apprentissage).

Conclusion

Sur les problèmes de géologie historique, les profanes ne travaillent pas exactement comme les scientifiques. Ils mobilisent instinctivement un actualisme analogique et un catastrophisme de circonstance (sans tenir compte des périodes longues de temps). Jamais ils ne font fonctionner un actualisme élaboré. A cela s'ajoute le fait que leurs explications sont de petites histoires comme la pensée commune a coutume d'en produire. Au lieu de construire des phénomènes, via l'actualisme, ils font des récits mêlant de manière peu contrôlée l'exceptionnel et l'ordinaire (Bruner, 1997 : 60), ils convoquent des événements ad hoc qu'ils enchaînent dans un syncrétisme de chronologie et de causalité et, lorsqu'ils mobilisent du temps long, c'est d'un temps long magique qu'il s'agit, parce que permettant de tout obtenir sur la durée (Orange Ravachol, 2010). Procédant ainsi, les élèves sont bien loin des pratiques des géologues, même si leurs solutions aux problèmes ressemblent à celles des

scientifiques. N'est-ce pas d'ailleurs ce qui distingue le profane du scientifique ? Comme l'écrit Roqueplo (1974 : 104), le profane, « *étranger à la pratique, peut-il comprendre quoi que ce soit du discours de la science si on ne lui met pas « un peu de chair autour du squelette* » ? ». Comment les conduire alors à se défaire d'une telle tendance ? Comment les amener à « s'y connaître » en géologie ? Nous voyons plusieurs pistes complémentaires pour y parvenir :

- renforcer l'« expérience » empirique mais aussi théorique des profanes (les élèves, le grand public, etc.) de sorte qu'ils soient en mesure de se démarquer des solutions immédiates et d'examiner certains scénarios possibles de la Terre (ouverture de possibilités) ;
- permettre aux profanes de contrôler leurs histoires géologiques, avec un œil critique (débat leur permettant de développer des raisons) ;
- faire comprendre aux profanes qu'un savoir scientifique ne se limite pas aux solutions des problèmes et qu'il est tout aussi important de savoir pourquoi ces solutions sont possibles quand d'autres sont impossibles. Cela oblige à concevoir la construction du savoir comme une problématisation (Fabre & Orange, 1997) et à l'unir étroitement à des pratiques. Ce serait une façon de dégager les reconstitutions du passé de la Terre du bon sens et de l'empirisme immédiat qui conduisent inévitablement à une histoire rudimentaire et de les considérer comme une problématisation productrice de raisons d'une grande histoire.

Bibliographie

- Bergson H. (1981). *L'évolution créatrice*. Paris, Quadrige/PUF.
- Bruner J. (1997). ... *Car la culture donne forme à l'esprit*. Paris, Eshel.
- Fabre M., Orange C. (1997). Construction des problèmes et franchissements d'obstacles. *ASTER*, 24, 37-57. Disponible sur : <http://documents.irevues.inist.fr/handle/2042/8550> (consulté le 10-01-11).
- Gohau G. (1997). Naissance de la méthode « actualiste » en géologie. In Gohau G. (dir.). *De la géologie à son histoire*. Paris, CTHS, 139-149.
- Hooykaas R. (1970). *Continuité et discontinuité en géologie et biologie*. Paris, Seuil.
- Lévi-Strauss C. (1962). *La pensée sauvage*. Paris, Plon.
- Marthaler M. (2001). *Le Cervin est-il africain ?* Lausanne, Editions L.E.P. Loisirs et Pédagogie.
- Orange Ravachol D. (2003). *Utilisations du temps et explications en Sciences de la Terre par les élèves de lycée : étude dans quelques problèmes géologiques*. Thèse de doctorat, Université de Nantes. Disponible sur : http://tel.archives-ouvertes.fr/index.php?halsid=1ufqci48pj022jvrqfq2jj6nd1&view_this_doc=tel-00480254&version=1 (consulté le 10.01.11).
- Orange Ravachol D. (2010). *Problématisations fonctionnaliste et historique dans la construction de savoir et les apprentissages en sciences de la Terre et de la vie : entre continuité phénoménale et discontinuité événementielle*. Mémoire de recherche pour l'Habilitation à Diriger des Recherches, Université de Nantes.
- Reboul O. (1992). *Les valeurs de l'éducation*. Paris, PUF.
- Roqueplo P. (1974). *Le partage des savoirs, science, culture, vulgarisation*. Paris, Seuil.

La construction du concept de fossile, une étude comparée historique et scolaire

Patricia Crépin-Obert

Centre de recherches en éducation
de Nantes – CREN
Ch. de la Censive du Tertre
BP 8122
F – 44312 Nantes cedex 3

Université de Franche-Comté
Ecole interne IUFM
57 avenue de Montjoux
F – 25000 Besançon

E-mail:
patricia.crepin@univ-fcomte.fr

In Reynard E., Laigre L. et Kramar N. (Eds) (2011). *Les géosciences au service de la société. Actes du colloque en l'honneur du Professeur Michel Marthaler*, 24-26 juin 2010, Lausanne (Géovisions n° 37). Institut de géographie, Université de Lausanne.

Introduction

La présentation faite au colloque *Les géosciences au service de la société* a voulu rebondir sur une spécificité du savoir scientifique mise en avant dans la plaquette du colloque dédié à Michel Marthaler, « le savoir vivant ». Ce qualificatif choisi, lié aux savoirs géologiques, entre tout à fait en résonance avec un axe de réflexion d'un travail de thèse en sciences de l'éducation (Crépin-Obert, 2010a). Cette recherche démontre dans ce sens des interactions entre l'histoire de la paléontologie et l'enseignement de cette discipline. En effet, dans ces deux domaines d'étude, le savoir paléontologique est démontré comme étant un savoir dynamique car réorganisé en preuves nouvelles, empiriques et explicatives ; de fait, c'est un savoir provisoire car soumis à des réfutations au sein de communautés discursives. En référence à Piaget et Garcia (1983 : 19), rappelons que « la science est en perpétuel devenir ». Ce sont les processus d'un savoir en construction que nous avons analysés, selon un progrès continu, non pas linéaire mais erratique et soumis aux controverses.

Problématique et cadre théorique : enjeux dialectiques entre problème et obstacle

Actuellement les fossiles sont des marqueurs précis de temps sur une échelle stratigraphique par chronologie relative. Ce sont aussi des indicateurs de faciès des paléoenvironnements. Et enfin, ils constituent un des arguments en faveur de la théorie synthétique de l'évolution des espèces. L'objectif de la recherche était de cerner quels chemins et détours de la connaissance ont été empruntés avant cette construction actuelle ; pour ce faire, une comparaison a été envisagée entre une pensée préscientifique historique mise en regard avec les premiers apprentissages scolaires. La visée principale de la recherche était épistémologique et la question centrale était la suivante : quelles raisons sont entrées en conflit dans les différentes communautés scolaires et historiques à propos des fossiles autour de trois problèmes : leur origine, leur nature et leur analogie avec les organismes vivants actuels ?

La construction collective du savoir paléontologique est analysée dans le cadre principal de la problématisation, développée par le Laboratoire en sciences de l'éducation du Centre de recherches en éducation de Nantes (CREN). Il prend appui sur des spécificités d'un savoir scientifique en construction, auxquelles le savoir paléontologique, lui aussi, doit répondre. C'est un savoir explicatif pour lequel les faits et les phénomènes de la nature sont expliqués par des modèles et des théories soumis à la critique collective (Popper, 1979) ; c'est un savoir problématisé pour lequel les temps de positionnement du problème et son élaboration sont tout aussi fondamentaux, sinon plus, que leur résolution (Fabre & Orange, 1997) ; c'est un savoir apodictique, c'est-à-dire qui acquiert un caractère de nécessité par un raisonnement qui contraint les modèles explicatifs mis en tension avec un registre empirique et qui se distancie de la notion de vrai et de faux (Fabre & Orange, 1997) ; c'est un savoir rectifié qui a dépassé une pensée commune jonchée d'obstacles épistémologiques (Bachelard, 1938) ; enfin, c'est un savoir collectif et social, construit historiquement (Rudwick, 1985 ; Ellenberger, 1988 et 1994 ; Gohau, 1990 ; Gould, 1991).

Méthodologie comparée historique et scolaire

Une collecte séparée de données historiques et scolaires

Le défi de comparer la dynamique de construction de la connaissance paléontologique dans l'enseignement et en histoire de la paléontologie, lors des temps privilégiés de discussion conflictuelle entre pairs, a été relevé. La fécondité d'une étude comparative des différentes constructions de problèmes, ciblés lors des controverses, en lien avec des obstacles épistémologiques, était recherchée dans les deux communautés discursives, à partir de situations de débats scolaires et de controverses historiques. Des principes ont guidé les choix méthodologiques, en mettant en avant la démarche d'enquêtes didactiques et historiques. Dans un premier temps, les enquêtes didactiques et historiques ont été menées séparément. Dans les classes, la conception et la mise en œuvre de séquences pédagogiques intégrant des temps de discussion collective ont été réalisées. Ils permettaient l'émergence des modèles explicatifs des élèves et leurs possibilités à raisonner en sciences. Des questionnaires ont été testés auprès des élèves et des activités d'investigation par les élèves, autour de divers objets fossiles, ont été expérimentées. Et dans les archives historiques, la prospection de discussions institutionnelles ou non a été effectuée. Elle s'est faite par croisement et questionnement de nombreuses bibliographies, manuscrites ou publiées, provenant essentiellement du Muséum d'histoire naturelle de Paris et de l'Académie des sciences de Paris.

Un choix et une analyse du corpus par la recherche de points communs

Dans un second temps, la recherche de points communs a été réalisée. Le premier point commun des enquêtes est bien la forme discursive recherchée au sein d'une communauté en désaccord. La mise en tension entre des savoirs apodictiques et une pensée commune peut révéler une interaction possible entre problématisation et obstacle. Certaines productions en classe et certaines archives historiques ont pu être croisées car elles répondaient à un parallèle possible en ciblant deux autres critères de convergence, l'identification d'un problème commun et l'identification d'un obstacle épistémologique commun. Explorer les temps forts de débats, les nœuds que sont les controverses paraissait intéressant car ces temps de discussion peuvent être considérés comme des temps favorisant l'argumentation de différents protagonistes et comme des pratiques de référence pour des savoirs encore non stabilisés soumis à l'opinion. Les corpus historique et scolaire étant ciblés, le dernier point commun concernait leur analyse comparée recherchant la convergence ou divergence des processus de construction de la connaissance paléontologique. Le choix s'est orienté essentiellement vers deux outils méthodologiques d'analyse d'une problématisation, plus couramment utilisés dans le cadre des situations de débats scolaires. L'intérêt de ces outils réside dans des schématisations qui révèlent la fonction, la nature et les relations entre les divers arguments qui contraignent le raisonnement dans un champ scientifique. L'espace-problème, proposé par M. Fabre et C. Orange (1997), privilégie les interactions entre questionnement, réponses et objections, qui s'enchaînent ou qui entrent en concurrence. Les espaces de contraintes et de possibles organisent les arguments empiriques et explicatifs et révèlent les tensions entre faits et modèles

soutenant des argumentations divergentes souvent symétriques par désaccords des protagonistes. Un registre explicatif dans le contexte scolaire ou un cadre épistémique dans le contexte historique fédère la cohérence du raisonnement. Les fonctions heuristiques, argumentatives et théoriques de ces discussions peuvent être comparées. L'étude comparative, didactique et historique de problèmes paléontologiques conduit à une convergence à trois niveaux des relations entre problèmes et obstacles : le problème de l'origine des fossiles lié à l'obstacle artificialiste, le problème de la nature des fossiles lié à l'obstacle animiste par végétation spontanée et le problème d'identité des faunes fossiles par rapport aux faunes actuelles lié à l'obstacle « analogiste » proposé dans ce travail.

Analyse des résultats à propos du problème de l'origine des fossiles

La recherche de divergences entre la pensée enfantine et la pensée préscientifique

Interpellant le didacticien et l'historien, un rapprochement a été possible entre une conception enfantine et une conception historique (Crépin-Obert, 2010b). Le problème est similaire, ici l'origine des coquilles fossiles ; les produits du raisonnement nous apparaissent semblables, révélant un modèle explicatif convergent, ici l'artificialisme pris dans un sens élargi. Celui-ci prête une intervention humaine plus ou moins importante à l'origine d'un monde minéral et fait obstacle à la pensée scientifique. Cependant des différences évidentes sont liées aux contextes – historique ou d'apprentissage scolaire –, aux finalités, aux corpus et à leurs rhétoriques. Afin de dépasser l'analogie initialement perçue des raisonnements, c'est la recherche d'une divergence entre la pensée enfantine et la pensée préscientifique qui prime, et non pas d'une identité. Cette divergence résulte en fait dans les processus de construction argumentative sous-jacents de la connaissance paléontologique, marqués par les possibilités et les nécessités mobilisées par les deux communautés discursives.

La construction de nécessités, d'impossibilités et de possibilités

En classe, comme en histoire des sciences, des constructions de problèmes en lutte avec l'artificialisme, envisageant une intervention humaine plus ou moins prégnante, vont s'effectuer pour expliquer l'origine des fossiles. Cette logique explicative s'oppose au matérialisme d'une pétrification naturelle après la mort d'un ancien vivant. Par rapport à la construction des raisons nécessaires qui correspondent aux savoirs à valider, les nécessités construites se rejoignent, dont celle d'une pétrification naturelle par ensablement marin ou par encroûtement d'un ancien vivant. Mais le statut argumentatif est différent dans les deux communautés, selon s'il est construit en classe de CM1 (élèves de 9 ans) ou par J.-E. Guettard, académicien du XVIII^e siècle. La première nécessité, la nécessité d'une origine naturelle, est construite explicitement par le naturaliste en corrélant deux arguments empiriques : l'identité des coquilles fossiles avec les coquilles marines actuelles et leur association avec des restes fossiles de poissons marins. Elle est construite implicitement par les élèves en miroir des objections décli-

nant l'impossibilité pour les hommes préhistoriques de tailler aussi finement des fossiles, parfois de grande taille et d'autant plus intégrés dans une roche. De cette première nécessité corrélant la nature organique et l'origine naturelle des fossiles découlent d'autres nécessités. Une deuxième nécessité, la nécessité d'une pétrification dans un milieu aquatique, est construite chez Guettard par corrélation avec les observations de moules incrustées dans les fontaines pétrifiantes. Elle est envisagée par les élèves seulement comme une possibilité au vu des concrétions calcaires des grottes de Franche-Comté. Enfin, une troisième nécessité, la nécessité d'une ancienne mer retirée corrélée à la formation des reliefs, est construite comme une conséquence nécessaire chez les naturalistes. Elle est seulement évoquée et acceptée par les élèves comme une contrainte théorique hors du champ de leur questionnement.

Des nécessités stabilisées versus des nécessités conditionnelles

Au sein de la communauté scientifique apparaissent nettement deux types de nécessités. Guettard valorise le registre empirique et assure que les coquilles fossiles sont analogues aux coquilles marines actuelles par leur identité de forme et d'ornementations ; seules les couleurs diffèrent. Pour lui, la nature organique des fossiles et l'origine marine sont donc complètement démontrées et admises. Cette nécessité est stabilisée. Par contre, le déplacement des mers est encore soumis à la critique collective. La communauté scientifique du XVIII^e siècle débat encore beaucoup sur la validité de cette nécessité en envisageant plusieurs possibles (recul de simples rivages côtiers, changement de l'axe d'inclinaison de la Terre provoquant la venue de la mer des Indes en Europe). Cette dernière nécessité est encore sous condition de validation et rencontre quelques antagonistes. Ainsi, pour Voltaire, les lois physiques admises rendent inacceptable le déplacement des mers chaudes des Indes et encore plus inacceptable la formation des montagnes par celles-ci, vu les hauteurs considérables de reliefs contenant des coquilles ou des poissons fossiles. Sa démarche heuristique lui fait envisager d'autres alternatives dans un cadre fixiste (Carozzi, 1983). L'hypothèse des pèlerins transportant des coquilles fossiles le long des chemins de traverse montagneux est en concurrence avec quatre autres variantes (Crépin-Obert, 2010a : 197). Ici, contrairement à certaines conceptions d'élèves, la participation de l'homme est partielle puisque limitée au transport et à l'abandon de coquilles à l'origine de la présence de fossiles marins loin des mers, sans nier leur origine d'ancien vivant pour les coquilles analogues aux actuelles. Parmi tous ces possibles, il semble plus simple à Voltaire de penser la nécessité d'assèchement d'anciens lacs au sein des montagnes : « *une huître près du Mont Cenis ne prouve pas que l'océan Indien ait enveloppé toutes les terres de notre hémisphère [...] Pourquoi donc imaginer que des coquillages des Indes sont venus s'amonceler dans nos climats quand nous en avons chez nous par millions ?* » (Voltaire, 1768 : 146). Il s'agirait donc de coquilles dulçaquicoles formées *in situ* et non de coquilles marines allochtones fossilisées dans les montagnes. En définitive, le déplacement des mers, conséquence nécessaire admise par les naturalistes, est un problème insurmontable pour Voltaire et reste impensable dans son cadre épistémique fixiste. La réponse de Guettard dans une lettre manuscrite inédite se moque du raisonnement rétrograde et enfantin de Voltaire : « *Comment peut-il s'imaginer que des coquilles qui ressemblent entièrement à celles qu'on tire de la mer, puissent avoir été formées par une cause aussi*

étrangère que celle qui forme le depost dans l'Etang Des Places. Sans doute que ces pierres ne sont dues qu'à un dépost. La matière qui la forme n'est pas certainement d'une nouvelle création [...] M. de Voltaire a réellement été dans presque tout ce qu'il a vu un vray Don Quichotte qui voyoit toujours le contraire de ce que les hommes sensés voyoient. [...] il faut avouer que M. de Voltaire a l'imagination plus vive qu'il n'a de bons yeux » (Guettard, n. d. post 1768 : 50, 57-58). Ceci prouve aussi la difficulté de Voltaire d'accepter que la science ne puisse tout expliquer ; l'important pour lui est de lutter contre les modèles explicatifs mobilisant le Déluge et une pensée biblique. Il préfère donc réfuter cette généralisation des coquilles marines actuelles analogues aux coquilles fossiles par la communauté scientifique. D'autant plus que ce système laisse en suspens certaines coquilles d'espèces inconnues par rapport aux coquilles actuelles, comme celles des ammonites.

Conclusion : la mise à l'épreuve d'un savoir apodictique historique et actuel

Un des résultats spécifiques de cette recherche est d'avoir mis à l'épreuve la notion de savoir apodictique. La notion de nécessité conditionnelle qui lui est associée est proposée afin de spécifier ces raisonnements qui mettent en tension possible et nécessaire, caractéristiques des sciences historiques telles la paléontologie. Réhabilitons ces nécessités conditionnelles, marine et dulçaquicole, disputées par Guettard et Voltaire. Les études géologiques modernes ont confirmé en partie leurs interprétations en fonction des gisements considérés. Certaines coquilles fossiles retrouvées autour du lac Léman et correspondant donc à celles observées par Voltaire dans les environs de Ferney, appartiennent à une molasse oligocène (environ 38 millions d'années) et leur origine dulçaquicole est attestée par un fossile, *Helix ramondi*. Par contre, certains terrains du Moyen-Pays suisse sont constitués d'une molasse miocène d'origine marine attestée par des fossiles de grandes huîtres, de *pectens* et des dents de requin (Carozzi, 1983). La cause unique marine, évoquée par les naturalistes du XVIII^e siècle, est ainsi loin d'être le seul processus expliquant la formation des montagnes.

Plusieurs évènements sédimentaires et tectoniques entrent dans cette histoire géologique complexe des Alpes. Les processus de raisons, des objets fossiles aux concepts paléontologiques, ont fédéré des enquêtes en géosciences qui invitent à voyager dans le temps et l'espace. Aujourd'hui, les fossiles caractéristiques, mémoire de l'histoire de la Terre, ont permis de reconstituer l'histoire tectonique d'océans disparus tels celui alpin (Marthaler, 2001). Or, cette histoire actuelle résulte d'une science « en marche » ; le problème paléontologique initial, illustré par la controverse Guettard-Voltaire, devient un problème stratigraphique, puis tectonique. Les Alpes ont été l'objet de nombreux modèles explicatifs successifs depuis le questionnement de mouvements des mers au XVIII^e siècle, en passant par la thèse des déplacements latéraux par H.-B. de Saussure, puis les nappes de charriage de M. Bertrand et enfin la belle synthèse des soulèvements successifs des montagnes de L. Élie de Beaumont en 1829 qui marque une rupture (Gohau, 2010). Par un éclairage épistémologique, cette recherche a ainsi voulu réhabiliter l'étude des errements de la connaissance,

passés et scolaires car « *l'histoire de la connaissance [...] est l'histoire des erreurs et l'histoire des victoires sur l'erreur* » (Canguilhem, 1968 : 364). N'oublions pas d'accorder une place prépondérante à l'erreur comme faisant partie de la construction de la connaissance en considérant cette genèse du possible et son passage au nécessaire comme des processus fondamentaux du raisonnement scientifique.

Bibliographie

Sources historiques

- Guettard J.-E. (n.d. post. 1768). Réponse à Voltaire au sujet de la formation des pierres et coquilles. *In Ms 2186, Minéralogie 1, B. Notes diverses sur la minéralogie, son utilité, la façon de l'étudier*, (50-58). Paris, Bibliothèque du Muséum d'Histoire naturelle.
- Voltaire F.-M. Arouet, dit. (1768). Des singularités de la nature par un académicien de Londres, de Bologne, de Pétersbourg, de Berlin, etc. *Œuvres complètes de Voltaire – Nouvelle édition*, Paris, Garnier frères, Mélanges VI, 125-157, rééd. 1879.

Sources contemporaines

- Bachelard G. (1938). *La formation de l'esprit scientifique*. Paris, Vrin.
- Canguilhem G. (1968). *Études d'histoire et de philosophie des sciences concernant les vivants et la vie*. Paris, Vrin, rééd. 2002.
- Carozzi M. (1983). Voltaire's attitude toward geology. *Archives des sciences*, 34(1), 1-145.
- Crépin-Obert P. (2010a). *Construction de problèmes et obstacles épistémologiques à propos du concept de fossile : étude épistémologique comparative entre des situations de débat à l'école primaire et au collège et des controverses historiques du XVII^e et XIX^e siècle*. Thèse de doctorat, Université de Nantes.
- Crépin-Obert P. (2010b). Idées et raisons sur les coquilles fossiles : étude épistémologique comparée entre une situation de débat à l'école primaire et une controverse historique. *Recherches en didactiques des sciences et des technologies*, 1, 93-120.
- Ellenberger F. (1988 et 1994). *Histoire de la géologie*, Tome 1 et 2. Paris, Technique & Documentation-Lavoisier.
- Fabre M., Orange C. (1997). Construction des problèmes et franchissements d'obstacles. *Aster*, 24, 37-57.
- Gohau G. (1990). *Les sciences de la Terre aux XVII^e et XVIII^e siècles. Naissance de la géologie*. Paris, Albin Michel.
- Gohau G. (2010). *Histoire de la tectonique. Des spéculations sur les montagnes à la tectonique des plaques*. Paris, Vuibert-Adapt-Snes.
- Gould S.-J. (1991). *La vie est belle. Les surprises de l'évolution*. Paris, Seuil.
- Marthaler M. (2001). *Le Cervin est-il africain ? Une histoire géologique entre les Alpes et notre planète*. Lausanne, Editions LEP.
- Piaget J., Garcia R. (1983). *Psychogenèse et histoire des sciences*. Paris, Flammarion.
- Popper K.R. (1979). *Conjectures et réfutations – La croissance du savoir scientifique*. Paris, Editions Payot & Rivages, rééd. 2006.
- Rudwick M.J.S. (1985). *The meaning of fossils. Episodes in the history of palaeontology*. Chicago, The University of Chicago Press.

Un modèle pour expliquer la genèse des magmas : exemple de la fusion partielle dans une classe du secondaire

Patricia Schneeberger
Marcelle Goix
Hervé Goix

Laboratoire LACES
Université Bordeaux 4
IUFM d'Aquitaine
F – 33 000 Bordeaux

E-mail:
schneepat@aol.com

Introduction

Cette étude a pour objectif de s'interroger sur les conditions permettant de favoriser l'acculturation scientifique des élèves du secondaire. Dans les magazines destinés à mettre la science à la portée du public (en particulier des jeunes), les journalistes sont confrontés à la question de la simplification des informations et des explications scientifiques. Comment maintenir les deux pôles habituellement en tension : rendre accessible des concepts parfois contradictoires avec les connaissances de la vie courante ? Dans sa classe, le professeur est également confronté à cette question. Il doit alors inventer des moyens pour s'appuyer sur cette tension et la rendre féconde.

Comme dans toutes les sciences, la modélisation est une pratique incontournable en géologie. Les didacticiens des sciences, s'appuyant sur les travaux de S. Bachelard (1979), ont montré l'intérêt de la modélisation dans la construction des savoirs scientifiques (Martinand, 1992, 1994). Certains auteurs (Legay, 1997 ; Desbeaux-Salviat & Rojat, 2006) proposent des pistes pour l'enseignement ou la formation des enseignants. Cependant les enseignants disposent de peu de repères pour construire et conduire des situations d'enseignement/apprentissage faisant appel à des modèles. Peu d'études en effet portent sur la fonction des pratiques de modélisation dans les apprentissages en géologie (Orange-Ravachol, 2006).

L'analyse présentée a été réalisée dans le cadre d'une recherche en didactique des sciences de la Terre avec des élèves de Première S (élèves de 16-17 ans, grade 11) qui a duré plusieurs années. Elle porte sur une séance de travaux pratiques réalisée dans une classe de Première Scientifique au cours de laquelle le professeur demande aux élèves d'essayer d'expliquer, en utilisant un modèle de fusion partielle, la formation d'un magma basaltique, sous la dorsale, dont la composition est différente de celle de la péridotite d'origine

Le modèle utilisé ici « *n'est pas une imitation de la réalité, c'est une projection dans un nouvel espace du phénomène étudié. Il repose sur un dimensionnement qui permet de vérifier que le phénomène observé à l'échelle du laboratoire, sur de courtes durées, est l'exacte représentation du phénomène géologique se déroulant sur des durées géologiques.* » (<http://planet-terre.ens-lyon.fr/planetterre/XML/db/planetterre/metadata/LOM-model-processus-tectoniques.xml>, consulté le 13.01.2011). Il permet donc de reconstituer des phénomènes qui se sont produits dans le passé.

Nous avons observé plusieurs séances dans les classes de deux enseignants (Françoise et Claude) avec lesquels nous avons l'habitude de travailler dans le cadre de la recherche. Notre étude consiste à élucider les difficultés rencontrées par les élèves et à repérer des obstacles susceptibles de freiner l'apprentissage des concepts mis en jeu dans cette séquence d'enseignement-apprentissage.

Notre analyse repose sur les travaux de J.-P. Astolfi et B. Peterfalvi (Astolfi & Peterfalvi, 1993) qui montrent qu'il y a, chez les élèves, une difficulté liée à la conception de la matière et aux représentations qu'ils se font des transformations (changement d'état, réaction chimique). On retrouve cette difficulté lors de la com-

préhension du mécanisme de fusion partielle où il y a nécessité de passer du niveau « fusion de la roche » au niveau « fusion des minéraux constituant la roche ».

Présentation de l'activité proposée aux élèves

Le modèle proposé et son utilisation

Les élèves connaissent la structure du globe, les notions de lithosphère et d'asthénosphère sont supposées acquises, ainsi que la composition minéralogique du granite, du basalte et de la péridotite. En début de séance, le professeur introduit la problématique suivante : comment la fusion de la péridotite peut-elle aboutir à un liquide de composition différente alors que la fusion d'un solide, comme le chocolat, donne un liquide de même composition que le chocolat ? Comment s'effectue donc ce passage solide – liquide ? (Fig. 1)

Le document ci-dessous présente la composition de la péridotite asthénosphérique à l'origine du magma basaltique produit sous la dorsale ainsi que celle du basalte (donc du magma produit). On a ajouté la composition de la péridotite qui se trouve entre le gabbro (provenant du refroidissement du magma basaltique et la péridotite asthénosphérique).

Quel(s) problème(s) soulève l'étude de ce document ?

Document : composition des roches de la lithosphère et de l'asthénosphère						
Roche \ Eléments	Si	Al	Fe	Mg	Ca	Na
Basalte ou gabbro	23,3	7,3	8,8	2,5	7,2	1,9
Péridotite de la lithosphère	20,2	0,3	4,7	30,3	0,1	0,1
Péridotite de l'asthénosphère	20,8	1,9	5,6	25,8	2,2	0,5

Fig. 1 : Extrait de la fiche de préparation du professeur.

Le modèle proposé est composé d'un tube à essais contenant quatre corps formant un solide complexe et possédant chacun une température de fusion différente : de bas en haut, de la cire, de la paraffine, de la végétaline et de la graisse (Fig. 2).

Les élèves doivent étudier la variation, en pourcentage, de la composition du liquide obtenu lors de la fusion du solide complexe en suivant la consigne donnée par le professeur (Fig. 3).

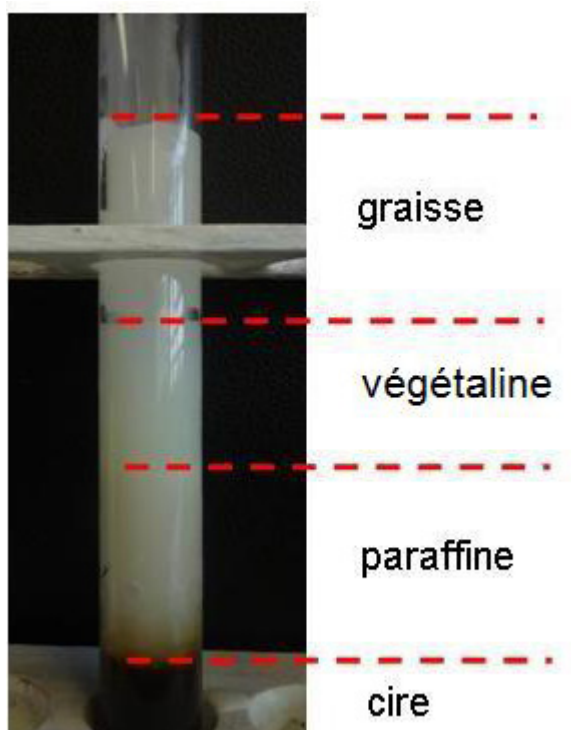


Fig. 2 : Modèle utilisé : un solide composé de quatre constituants différents (cire, paraffine, végétaline et graisse de canard) et soumis à différentes températures.

Un modèle pour expliquer

Le modèle utilisé sera le suivant : un solide (actuellement au congélateur à -15°C) dans un tube à essai est composé de quatre constituants différents (cire, paraffine, végétaline et graisse de canard). On le soumet à une expérience de fusion :

Placer le tube dans le bain-marie et ajouter un thermomètre. Allumer le bain-marie.

Chaque binôme réglera la température du bain-marie à une des valeurs suivantes : 15°C , 25°C , 40°C et 60°C . *Veiller à ce que le bain-marie soit suffisamment rempli d'eau pour que le solide (dans le tube à essais) soit immergé.*

Placer le tube à essai quelques minutes et surveiller l'état de fusion du solide. **ATTENTION ! LA FUSION PEUT ÊTRE TRÈS RAPIDE ! IL FAUT ÊTRE ATTENTIF !**

Repérer l'état des différents constituants et indiquer, sur le tableau joint :

- la composition de la phase liquide et le pourcentage de chacun des constituants ;
- la composition de la phase solide et le pourcentage de chacun des constituants.

Voir les résultats des autres binômes pour compléter le tableau.

- *résumer* les résultats de cette expérience en se concentrant sur l'évolution de la composition du liquide par rapport à celle du solide.

Fig. 3 : Document distribué aux élèves.

Document 3				
Conditions thermodynamiques • Température • Pression	Composition de la phase liquide	% de chaque matériau dans la phase liquide	Composition de la phase solide	% de chaque matériau dans la phase solide
0°C P atmosphérique = 101,3 kPa			G V P C	25% 25% 25% 25%
25°C P atmosphérique = 101,3 kPa	G	100%	G V P C	14% 26% 25% 34%
40°C P atmosphérique = 101,3 kPa	G V	50% 50%	P C	50% 50%
60°C P atmosphérique = 101,3 kPa	G V P	45% 45% 10%	P C	42% 58%
V : végétaline G : graisse de canard P : paraffine C : cire				

Tabl. 1 : Résultats obtenus lors du refroidissement du solide de départ.

Productions des élèves

A l'issue de cette activité, les élèves présentent les résultats obtenus sous la forme d'un tableau (Tabl. 1).

Ils doivent ensuite fournir une interprétation sous la forme d'un court texte de ce type : *Lors de la fusion d'un mélange hétérogène, la composition du liquide obtenu varie tout au long de cette fusion. Le premier liquide formé a la composition du solide le plus fusible. A terme, on obtient un liquide composé des matériaux qui ont fondu (ici G, V P) et le solide résiduel est composé des matériaux qui n'ont pas fondu (ici P et C).*

Document 2 : étude expérimentale de la fusion d'une périclase

Bowen, en 1915, réalise une fusion à sec d'une périclase semblable à la périclase asthénosphérique dont la composition était la suivante :

- Olivine (Fe,Mg)SiO₄
- Pyroxènes ferro-magnésiens (Mg,Fe)₂Si₂O₆
- Pyroxènes calciques (Mg,Fe)CaSi₂O₆
- Feldspaths plagioclases (Ca, Na)Al₂Si₃O₈

Il s'aperçoit que, lors de la fusion, la phase résiduelle solide et la phase liquide évoluent, leurs compositions varient :

- 1^{ère} étape : les plagioclases (de la phase solide) disparaissent ;
- 2^{ème} étape : les pyroxènes calciques disparaissent, la phase liquide augmente ;
- 3^{ème} étape : les pyroxènes ferro-magnésiens disparaissent ; il ne reste plus que de l'olivine dans la phase solide.

D'après Geowiki

http://www.geowiki.fr/index.php?title=Evolution_chimique_des_magmas

Fig. 4 : Document sur les expériences de Bowen distribué aux élèves

Pour aider les élèves à appliquer le modèle proposé à la fusion de la péridotite, le professeur met à leur disposition une présentation très succincte des résultats des expériences de Bowen sur la fusion différentielle de minéraux composant une péridotite (Fig. 4). En repérant des similarités entre le modèle utilisé en classe et les expériences de Bowen, les élèves peuvent déduire que la composition du liquide obtenu par fusion partielle de la péridotite a la composition des minéraux les plus fusibles.

Les difficultés rencontrées par les élèves

La question du point de vue

Nous avons remarqué, les années précédentes, que les élèves avaient des difficultés à comprendre la nécessité de se placer au niveau particulaire. En effet, si on se place au niveau du minéral, on comprend que la fusion va libérer dans le milieu des molécules qui composaient le solide. Sachant que ces particules varient en fonction des minéraux, si les minéraux fondent de manière différentielle, le liquide sera composé des molécules provenant des seuls minéraux fondus. Sa composition évolue donc tout au long du refroidissement. Alors que les scientifiques considèrent que le passage à l'état liquide est une modification des interactions entre particules composant les minéraux, les élèves de 1ère Scientifique en restent souvent au niveau du continu. En d'autres termes, ils ne « voient » pas les assemblages moléculaires qui constituent la roche. Pour eux, la roche est un tout et, quand elle fond, elle fond comme le beurre, en donnant un liquide de même composition que le solide. L'introduction du modèle élaboré par le professeur a donc pour objectif principal de faire prendre conscience aux élèves de la nécessité de changer de mode de raisonnement, c'est-à-dire de leur faire effectuer une rupture épistémologique.

Deux ruptures successives mal négociées par certains élèves

La manière dont les élèves notent les résultats et les explications produites signale des difficultés récurrentes. Il y aurait, selon nous, une première rupture à effectuer pour entrer dans le problème : se détacher de la situation expérimentale pour s'intéresser à la composition. En appliquant le modèle, les élèves devaient comprendre que la composition du liquide obtenu par fusion partielle de la péridotite correspond à la composition des minéraux les plus fusibles. Cependant, certains élèves semblent n'avoir retenu que l'expression « on fait fondre ». Ils s'intéressent uniquement à l'ensemble qui fond et ne citent que le pourcentage de matière fondue. En revanche, d'autres élèves semblent avoir dépassé le niveau de l'explication considérant que c'est la roche qui fond globalement. Toutefois, pour eux, les minéraux persistent d'une manière ou d'une autre à l'état fondu. C'est le cas de Yoann qui dit que « *les minéraux liquides se regroupent et forment le magma basaltique* » ou encore de Benjamin qui représente le phénomène par le schéma de la figure 5.

Enfin d'autres élèves ont bien mobilisé un niveau d'explication faisant appel au niveau particulaire, même si leurs énoncés gardent quelques ambiguïtés : « La fusion

provoque la séparation des éléments juxtaposés dans le solide », « la roche a partiellement fondu, certains éléments s'éparpillent et se mélangent ».

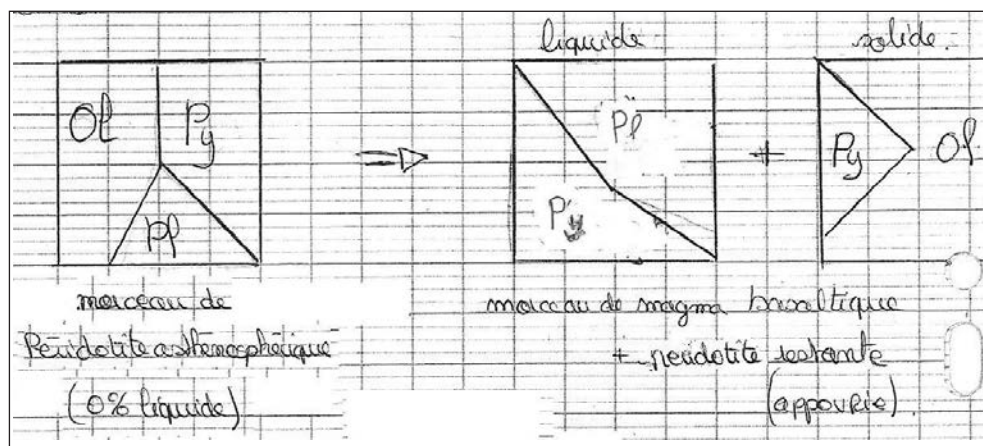


Fig. 5 : Schémas de Benjamin.

Progrès des élèves et limites du modèle

L'analyse des interactions et des écrits des élèves montre qu'ils se saisissent (ou non) du modèle proposé avec des orientations différentes. Cette situation de classe présente toutefois des limites dans l'aide apportée aux élèves. En effet, si les élèves ont progressé en plaçant leur explication au niveau particulière, le modèle reste pour la plupart d'entre eux une imitation de la réalité. Ainsi, pour Arthur : « Notre expérience n'est qu'une imitation de tout cela (il n'y a pas de graisse, ... sous Terre). Ce n'est donc pas la réalité elle-même représentée ».

Une autre limite qui est apparue est la comparaison partie par partie que les élèves font entre modèle et réel. En effet, si cette comparaison permet de prendre en compte le modèle et de s'intéresser à la composition du liquide, elle risque de bloquer le raisonnement qui resterait ancré dans la situation concrète proposée aux élèves. L'élève utilise la première situation comme un étayage fourni par le professeur mais il ne parvient pas à se passer de cette aide dans une situation nouvelle. C'est le cas de Lauriane : « On a donc un ordre de fusion exactement comme les minéraux. On peut donc dire que la végétaline représente les plagioclases, la graisse d'oie représente le pyroxène et le reste, l'olivine. L'expérience représente donc la fusion de la péridotite à différentes températures ».

Les aides à prévoir

Les déplacements évoqués ci-dessus ne se font pas spontanément. Il faut souvent forcer le passage pour que les élèves s'arrachent à leurs modes de conception de la matière, ancrés sur du continu, pour accéder à des modes de raisonnement mobilisant l'idée de discontinu. Deux modalités ont été utilisées :

- la schématisation. En obligeant les élèves à représenter la matière au niveau particulaire, on les force à utiliser les connaissances de chimie sur la matière dans un contexte différent. Les élèves savent, depuis la classe antérieure, que la matière est composée de particules (atomes, molécules, etc.) en agitation constante et que l'état liquide est caractérisé par une agitation plus intense de ces particules. Ils peuvent alors mobiliser leurs connaissances comme le montre le schéma réalisé par Yann (Fig. 6).
- le passage au texte. Le texte de Noémie est un exemple de texte où l'élève explicite son raisonnement au niveau particulaire : « D'après le doc.3 [expérience de Bowen], on s'aperçoit que la fusion se fait sous plusieurs étapes et que tous les minéraux ne se liquéfient pas. Dans la 1ère étape seulement les plagioclases « disparaissent » de l'état solide comme à 30°C lors de l'expérience faite en classe où seulement la graisse se liquéfie. La péridotite est composée de minéraux olivine, pyroxène calcique et ferromagnésien et de feldspaths plagioclases qui sont eux-mêmes composés de composants chimiques comme le Ca, l'O qui forment la composition chimique de la péridotite. Lors de la fusion de la péridotite certains des minéraux disparaissent et forment le liquide obtenu qui est le magma. [...] Donc le magma ne possède pas les mêmes minéraux que la péridotite, donc ne possède pas les mêmes composants chimiques : la composition chimique du magma et de la péridotite sont différentes. »

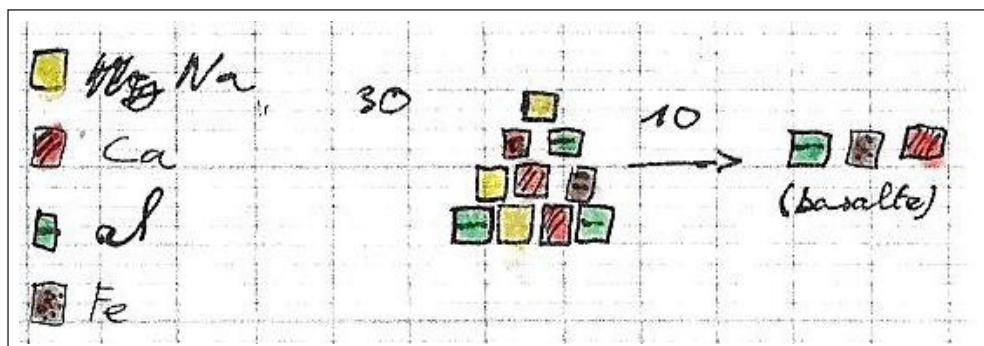


Fig. 6 : Production de Yann.

Conclusion

L'expérience proposée indique qu'il est possible de faire progresser les élèves dans l'utilisation d'un modèle adapté pour l'explication de la fusion partielle. En effet, cette dernière nécessite la mobilisation de connaissances de chimie que les élèves possèdent mais qu'ils n'utilisent pas de manière spontanée. L'utilisation de mêmes connaissances dans un contexte différent représente une source de difficulté. Pourtant, la compréhension de la modification de la composition chimique lors de la fusion partielle suppose bien une rupture : passer de l'observé, du sensible, à la matière modélisée. Cette rupture n'est pas facile à réaliser ; le discours du scientifique est sur les deux niveaux différents : le réel observé et le réel interprété. Ainsi lorsqu'Auguste Michel-Lévy, au XIX^e siècle, décrit le granite de Flamanville, il décrit

des morceaux de roches englobés dans le magma (Michel-Lévy, 1893). Cela signifie qu'il jongle avec les deux niveaux : l'observé, représenté par le granite, et ce qu'il représente, le magma intrusif. Souvent, l'enseignant, comme le vulgarisateur, est sur ce double niveau de formulation. D'où la difficulté pour l'élève de changer de niveau : il interprète le discours de l'enseignant à l'aide de ses représentations. L'enseignant a beau savoir que l'élève n'est pas sur le même registre que lui, il interprète les réponses des élèves en fonction de ses connaissances. Si, par malheur ou par bonheur, l'élève prononce des mots qui lui conviennent, il continue le plus souvent le même discours sans se rendre compte des malentendus. Nous pensons toutefois que l'enseignant a pour rôle de faire prendre conscience à l'élève du niveau où il est afin de lui fournir les aides nécessaires à ses progrès.

Bibliographie

- Allemand P. *Pourquoi et comment modéliser les processus tectoniques ?* Disponible sur <http://planet-terre.ens-lyon.fr/planetterre/XML/db/planetterre/metadata/LOM-model-processus-tectoniques.xml> (consulté le 13 janvier 2011).
- Astolfi J.-P., Peterfalvi B. (1993). Obstacles et constructions de situations didactiques en sciences expérimentales. *Aster*, 16, 103-141.
- Bachelard S. (1979). Quelques aspects historiques des notions de modèle et de justifications des modèles. In Delattre P., Thellier M. (eds). *Elaboration et justifications des modèles*, Paris, Maloine, 3-18.
- Desbiaux-Salviat R., Rojat D. (2006). Réalité et virtualité dans l'enseignement des sciences de la vie et de la Terre. *Aster*, 43, 109-132.
- Legay J.-M. (1997). *L'expérience et le modèle. Un discours sur ma méthode*. Paris, INRA éditions.
- Martinand J.-L. (Coord.) (1992). *Enseignement et apprentissage de la modélisation en sciences*. Paris, INRP.
- Martinand J.-L. (Coord.) (1994). *Nouveaux regards sur l'enseignement et l'apprentissage de la modélisation en sciences*. Paris, INRP.
- Michel-Lévy A. (1893). Contribution à l'étude du granite de Flamanville et des granites français en général. *Bulletin des services de la carte géologique de la France et des topographiques souterraines*, 5(36), 1-41.
- Orange Ravachol D. (2007). Modèles et modélisation : les travaux menés par le séminaire de recherche en didactique des sciences de la Terre. In *Actes du 3e colloque sur l'« Enseignement et Vulgarisation des Sciences de la Terre de l'école à l'Université »*. Nice, mai 2007. Cédérom, 3 pages.

Les sciences de la Terre dans l'enseignement secondaire français

Regard historique et épistémologique

Pierre Savaton

Institut Universitaire
de Formation des Maîtres
Université de Caen –
Basse-Normandie
186 rue de la Délivrande
F – 14053 Caen cedex 04

E-mail:
pierre.savaton@unicaen.fr

In Reynard E., Laigre L. et Kramar N. (Eds) (2011). *Les géosciences au service de la société. Actes du colloque en l'honneur du Professeur Michel Marthaler*, 24-26 juin 2010, Lausanne (Géovisions n° 37). Institut de géographie, Université de Lausanne.

Introduction

La géologie est une science fort jeune, née à la charnière des XVIII^e et XIX^e siècles du croisement entre les théories spéculatives sur l'origine et la structure de la Terre des XVII^e et XVIII^e siècles, les descriptions empiriques des terrains, sous l'influence marquante de la géognosie de l'école de Freiberg, et les premières expériences de laboratoire sur la fusion/cristallisation des roches (Rudwick, 2005 ; Fritscher & Henderson, 1998 ; Laudan, 1987 ; Gohau, 1987). Elle s'organise au début du XIX^e siècle avec la création de sociétés savantes spécifiques, de chaires universitaires de minéralogie, puis de géologie, la publication et la diffusion de revues et d'ouvrages dédiés à cette nouvelle science. Son enseignement déborde rapidement la tradition des écoles minières et apparaît en France dans l'enseignement secondaire issu de la Révolution (Savaton, 2002). Enseignée conjointement avec les sciences du vivant, au sein d'une discipline nommée histoire naturelle, puis sciences naturelles (1902), puis sciences de la vie et de la Terre (SVT) (1994), elle est toujours restée secondaire par sa place réduite dans les plans d'études et par ses horaires (Savaton, 2002). Ballotée tout d'abord de classes en classes, elle s'est installée depuis 1880 en classe de quatrième (élèves de 13 à 14 ans) et depuis 1965 en classe de première (élèves de 16 à 17 ans). Présente épisodiquement dans le programme des questions au baccalauréat au XIX^e siècle, elle s'y est maintenue au long du XX^e siècle sous forme de questions de paléontologie. Enseignée en terminale scientifique à partir de 1994, elle donne lieu régulièrement depuis à des questions dans l'épreuve de SVT du baccalauréat scientifique. Ce sont donc plus de 200 ans d'enseignement secondaire de géologie que nous nous proposons d'aborder en ces quelques pages.

La géologie dans les plans d'études du secondaire

La minéralogie dans les écoles centrales

Des éléments de minéralogie figurent dans le cours de sciences physique des écoles centrales (1795-1802) et parfois également dans celui d'histoire naturelle (Duris, 1996). Si cette dernière se limite normalement à la zoologie et à la botanique, il n'est pas rare d'y ajouter les pierres et minéraux, comme troisième règne de la nature. C'est ce que fait par exemple Constant Duméril (Duméril, 1804) dans son *Traité élémentaire d'histoire naturelle*, ouvrage commandé pour servir de programme d'enseignement. A l'étude des *corps organisés*, il ajoute l'étude des *corps bruts*. Le *Traité élémentaire de minéralogie avec des applications aux arts* d'Alexandre Brongniart (Brongniart, 1807), tout comme le *Traité de minéralogie* de René-Just Haüy (Haüy, 1801), consiste essentiellement en un exposé des propriétés des minéraux et de la classification minéralogique qui en découle. L'enseignement des sciences de la Nature se veut méthodique, c'est-à-dire systématique. Il s'agit de décrire et classer des objets, mais pas encore de comprendre des phénomènes. L'étude des minéraux conduit toutefois à l'étude des roches et des terrains qui les renferment. Les promenades dans la nature sont encouragées. Elles servent tout à la fois à prendre l'air, à marcher (souvent en ordre) et à collecter les échantillons qui viennent constituer les collections des établissements. Les instructions officielles prévoyaient que les écoles

centrales soient dotées d'un jardin botanique et d'un cabinet d'histoire naturelle, mais peu le furent.

De la minéralogie à la géologie

Dans les années 1830, la minéralogie quitte l'enseignement des sciences physiques, où persiste toutefois un cours de cristallographie, pour rejoindre l'histoire naturelle. Un projet de programme de 1833 ajoute à l'étude des propriétés des minéraux quelques notions générales sur la structure de l'écorce du globe, la formation et la classification des terrains, la cristallisation, les mines et les sources, les volcans et les tremblements de terre, les fossiles, l'étude de la tourbe et de la houille et un résumé sur les *révolutions du globe*. Simple projet sans lendemain immédiat, mais premier projet de programme de géologie, il témoigne de la vitesse à laquelle la science savante est introduite dans l'enseignement secondaire. Le terme *géologie* figure pour la première fois dans un texte officiel pour l'enseignement à l'occasion du nouveau programme des questions au baccalauréat ès sciences de 1837. En quelques années le terme de minéralogie disparaît des programmes et ouvrages scolaires et la discipline est intégrée dans le cours de géologie.

L'établissement d'une discipline scolaire

La hiérarchie des sciences, qui s'établit fortement au début du XIX^e siècle, se répercute sur l'enseignement secondaire, où l'histoire naturelle passe après les sciences physiques et les mathématiques. Les sciences et les techniques, comme héritage de la Révolution et des Lumières, ne font pas bon ménage avec l'attachement des conservateurs aux humanités classiques de l'Ancien Régime. Aussi les changements de régime, qui se succèdent au cours de ce siècle, se traduisent à chaque fois par des réformes de l'enseignement et une révision de la place qu'y occupent les sciences. La réforme majeure de 1852, dite « réforme de la bifurcation des études » (Hulin, 1989), parce qu'elle crée deux sections secondaires classiques, l'une tournée vers les lettres et l'autre vers les sciences, entérine l'histoire naturelle et son cours de géologie. S'il reste secondaire, limité à une année, ballotté d'une classe à une autre, au cours des années qui suivent, il se maintient dans le paysage scolaire, avec son programme et ses exercices (observation d'échantillons, excursions, dessin). En 1865, on y étudie : les phénomènes géologiques actuels propres à faire comprendre les phénomènes anciens ; les sédiments et leur transport ; les torrents, fleuves et glaciers ; les volcans ; la constitution générale du globe terrestre, la nature et l'origine des roches qui en forment l'écorce ; la chaleur centrale, les roches ignées ou non stratifiées ; les soulèvements ; les terrains de sédiments anciens ou primaires, moyens ou secondaires, supérieurs ou tertiaires et quaternaires ; les principales substances minérales et corps organisés fossiles qu'on rencontre dans ces divers terrains ; les eaux minérales, les sources thermales et les puits artésiens. La réforme de Jules Ferry de 1880 établit la géologie dans la classe de 4^e (13 à 14 ans). Elle y est restée quasiment sans interruption jusqu'à aujourd'hui, avec comme nous le verrons plus loin une grande stabilité des orientations thématiques des programmes jusqu'aux années 1970 et l'introduction de la tectonique globale. Cet enseignement n'a en revanche pas réussi au XIX^e siècle à s'établir durablement dans les classes supérieures de l'enseignement

secondaire. Les sciences naturelles s'établissent dès la première moitié du XX^e siècle comme un enseignement général des quatre premières années du secondaire (avec de la géologie en 3^e année) et de l'année terminale. Les grandes réformes structurales de 1902 et de 1959 n'y changent rien.

Le renforcement d'un enseignement

Ce n'est qu'en 1965 qu'une réforme des trois dernières années de cet enseignement (désormais désigné comme « second cycle » et limité aux lycées) crée une classe de première « mathématiques et sciences naturelles » (élèves de 16 à 17 ans), avec un enseignement conséquent de géologie, et place en classes terminales un enseignement de paléontologie. Le programme de géologie de cette classe de première « D », rédigé par le géologue Jean Aubouin, est construit comme un programme allégé de premier cycle universitaire. Les études de terrain et la carte géologique y occupent une place de choix.

Les programmes de sciences naturelles du nouveau collège (collège *unique* pour tous les élèves de 11 à 15 ans), instauré en 1975, distribuent la géologie sur les classes de 4^e et de 3^e, et ceux de la seconde indifférenciée introduisent en 1987 des notions sur la formation et l'exploitation des ressources géologiques. L'enseignement de la géologie achève sa conquête du lycée en 1994 avec l'introduction en classe terminale scientifique d'une étude de l'histoire géologique et de l'évolution biologique de la Terre.

Les SVT sont enseignées aujourd'hui à tous les niveaux de l'enseignement secondaire et les sciences de la Terre se retrouvent dans les programmes des classes de 5^e, 4^e, 2^{nde}, 1^{ère} S et Terminale S.

La géologie enseignée

La trilogie : objets, phénomènes, histoire

L'étude des programmes montre une très grande stabilité des contenus depuis l'introduction d'un enseignement de géologie au milieu du XIX^e siècle jusqu'à l'introduction du modèle de la tectonique globale à la fin des années 1970. Ils sont construits autour d'une trilogie : objets, phénomènes, histoire.

Les objets ont tout d'abord été les minéraux, puis les roches et les fossiles. Il s'agissait de les décrire et de les classer, selon une démarche méthodique revendiquée par les naturalistes. L'étude des phénomènes géologiques et l'intérêt pour l'histoire de la Terre ont orienté ensuite l'analyse de ces objets vers la reconstitution des conditions passées. L'étude des phénomènes géologiques est introduite dans la deuxième moitié du XIX^e siècle. Selon le principe de l'actualisme, il s'agissait de comprendre les phénomènes actuels pour reconstituer l'histoire des roches et paysages passés. Enfin, l'histoire des terrains ou *histoire du sol de France* est introduite, d'abord comme chronologie et description des terrains, puis comme reconstitution de l'histoire géologique

et biologique de la Terre.

Si l'enseignement des minéraux, roches et fossiles s'est essentiellement appuyé sur des collections, celui des phénomènes a eu recours à des illustrations fixes, puis mobiles, à des expérimentations, et celui de l'histoire des terrains s'est construit avec l'aide des cartes géologiques et de descriptions écrites. Bien des géologues et réformateurs ont dénoncé cet enseignement trop souvent coupé du terrain, alors même que les programmes souhaitaient s'appuyer sur les ressources géologiques locales ou régionales. Des essais de lecture et des réalisations de cartes géologiques locales figurèrent également dans les textes, mais jamais de manière durable.

Les volcans et les tremblements de terre sont enseignés depuis les premiers programmes des années 1830, avec seulement une éclipse de 1970 à 1979.

L'enseignement de la tectonique globale

Le modèle de la tectonique globale est introduit dès 1979 dans le programme de la classe de 4^e, en prolongement de l'étude de la géologie locale, et l'année suivante en classe de 3^e, comme explication de la répartition des volcans et tremblements de Terre. La classe de 4^e visait à développer les capacités d'observation et d'analyse. Celle de troisième devait y ajouter la synthèse géologique et l'abstraction. La reconstitution de l'histoire géologique locale replacée dans un cadre global devait assurer cette continuité.

C'est à la faveur de la restructuration des classes de première scientifique (fusion des 1^{re} C et 1^{re} D en 1^{re} S) en 1982, que les programmes de géologie des années 1960 sont révisés et que la géodynamique interne est introduite. L'étude de la géologie locale devait conduire à celle de la géologie globale et développer l'esprit de synthèse et d'abstraction. Mais, se servir du local pour comprendre le global n'est pas sans difficultés et les documents sont venus rapidement remplacer les observations de matériels. La géodynamique des années 1980 s'est centrée dans les années 1990 sur les aspects thermodynamiques (*Terre et énergie* du programme de 1^{re} S de 1992) tout en confortant sa visée historique (*Histoire et évolution de la Terre* du programme de TS de 1994).

Ces vingt années d'enseignement de tectonique globale expliquent sans doute la mention dans le programme de 1^{re} S de 2002 d'une *classe de terrain*. Il s'agissait de réintroduire une étude de terrain, abandonnée progressivement par ces classes.

Trois aspects clés de cet enseignement

L'enseignement de géologie, entre laboratoire et terrain

Si le terrain était le lieu de la collecte d'échantillons, c'était toujours pour leur étude ultérieure en classe. L'échantillon étant plus important que l'échantillonnage, l'étude d'objets tirés des collections pouvait se substituer au terrain. Et c'est ce qui fut fait.

Le changement de dénomination en 1902 de *l'histoire naturelle* en *sciences naturelles* était fortement justifié par la représentation d'une science moderne où l'étude en laboratoire représentait un degré supérieur à l'étude sur le terrain. L'histoire naturelle était une science d'observation ; les sciences naturelles devaient être des sciences expérimentales et explicatives. Eugène Caustier (1905) écrivait ainsi : « *Les observateurs qui se plaisaient à contempler ont voulu expliquer et ils ont abandonné les champs et les bois pour les laboratoires.* » L'Union des naturalistes, unique association des professeurs de sciences naturelles créée en 1911, a été rebaptisée Association des Professeurs de Biologie-Géologie en 1965, confirmant, s'il en était encore besoin, cette volonté d'abandonner une étiquette naturaliste jugée trop ancienne par rapport à la modernité revendiquée par l'enseignement des sciences naturelles (Savaton, 2011a).

Le terrain ne fut pourtant jamais ni renié, ni totalement abandonné. Les réformateurs de 1902 affirmaient l'utilité de l'excursion pour compléter le cours et garder à celui-ci l'aspect *concret et vivant* et les instructions officielles des années suivantes ne manquaient pas de rappeler l'intérêt des excursions géologiques. Les instructions de 1938, marquées par leur plaidoyer pour les méthodes actives, faisaient également du terrain un lieu privilégié pour s'interroger sur l'histoire de la Terre et apprendre les gestes techniques du géologue. L'échantillonnage et le croquis de terrain devaient aider à faire le lien entre le terrain et le travail en classe sur échantillons et cartes. Le programme de 4^e de 1959 allait jusqu'à proposer l'établissement d'une carte géologique locale simplifiée, à partir de l'étude de terrain. Si la carte devait être simplifiée c'était aussi parce que la complexité du terrain ne pouvait être niée. Bien au contraire, cette complexité fut mise en avant, à partir des années 1950 et au début des années 1960, pour défendre la nécessité d'un enseignement des sciences naturelles pour tous les élèves du secondaire. Dans ce contexte, le terrain, lieu du concret et du réel, était également le lieu du complexe qu'il ne fallait pas cacher mais revendiquer. Dans le prolongement d'Emile Durkheim (1925), il s'agissait de « *faire comprendre à l'enfant ce qu'il y a de complexe dans les choses et ce que cette complexité a de parfaitement réel* ». Abandonner le terrain, c'était abandonner une complexité, c'était réduire le réel. Cet attachement au terrain était toutefois plus une revendication qu'une réalité. Marcel Oria, président de l'Union des Naturalistes de 1957 à 1960, écrivait en 1947 dans l'un de ses manuels scolaires : « *L'enseignement de la géologie devrait se faire sur le terrain* ». Mais, à défaut, il ajoutait : « *une leçon de géologie ne se conçoit pas sans cartes* ».

L'introduction de la tectonique globale en classe de 4^e en 1979 affirme le terrain comme point de départ d'une démarche hypothético-déductive. La sortie devait servir d'introduction au cours, elle devait *poser* le problème auquel on répondrait ensuite par un travail en classe. La classe de 3^e maintenait cette distance en cherchant dans la géodynamique globale l'interprétation d'observations parfois locales, étudiées en classe sous forme de documents. En première scientifique (1988), l'étude *quasi* exclusive de documents-papier faisait de l'éventuelle sortie de fin d'année une illustration de l'étude réalisée auparavant en classe. Cet éloignement de la réalité du terrain justifie sans doute en 2002 la volonté d'établir une *classe de terrain*, réduite

toutefois à une semaine de cours ou plus exactement au nombre d'heures de sciences naturelles d'une semaine de cours, c'est-à-dire moins d'une journée de terrain.

Derrière la relation terrain/laboratoire, c'est la relation concret/abstrait qui a toujours été mise en avant.

La relation concret/abstrait

L'enseignement des sciences naturelles est pris depuis bien des années dans une forte contradiction. Il revendique son attachement fondamental à l'étude du concret et à l'étude pratique de celui-ci, tout en s'appuyant de plus en plus sur des substituts du réel, qu'il s'agisse de documents-papier, de projections fixes ou animées, de maquettes analogiques ou de simulations informatiques. Les raisons sont multiples et nous ne pouvons pas les aborder ici en quelques mots. On y trouve à la fois la nature des objets biologiques et géologiques étudiés, les techniques et le temps nécessaires à leur étude, le coût, les effectifs d'élèves, etc. Il n'est pas rare que les travaux pratiques se fassent uniquement sur des documents.

Les programmes de 1902, qui souhaitaient que l'élève ait de ses yeux vu et de ses mains manipulé tous les objets étudiés en cours et qu'il ait réalisé lui-même les expérimentations, se sont heurtés à une difficulté pédagogique tout autant que matérielle. Rapidement, les photographies et projections (parfois de montages microscopiques) sont venues compléter, puis remplacer les objets réels. Le souhait de développer les manipulations expérimentales nécessitait un matériel nouveau, que la massification de l'enseignement secondaire au cours des années 1950-1960 ne permettait pas toujours de se procurer en nombre suffisant. La géologie n'a pas échappé à ces contraintes et solutions. Les sorties, dès qu'il fallait envisager un transport devenaient plus coûteuses qu'une plaquette de diapositives. Il en était de même pour les échantillons, les lames minces ou les cartes géologiques, qu'une illustration au sein d'un manuel scolaire remplaçait d'autant plus facilement que leur exploitation se réduisait. La volonté marquée dans les années 1960 de renforcer les aspects quantitatifs et mathématiques de cet enseignement a également poussé à travailler sur des graphiques, de moins en moins établis à partir d'observations et de mesures directes.

Les textes officiels des années 1990 souhaitaient renforcer la place du concret et de l'objet réel. Là aussi, les raisons étaient multiples : pédagogiques, sociologiques, tout autant que didactiques ou épistémologiques. Il est clair épistémologiquement que le substitut du réel est moins complexe et plus conceptuel. Les photographies d'objets, tout comme les objets sortis des tiroirs de collections mettent l'accent, attirent l'attention, guident le regard sur quelques caractéristiques de l'objet retenues par l'auteur de la photographie et l'enseignant. Ces caractéristiques sont généralement celles qui construisent le concept et leur mise en avant, si elle facilite l'apprentissage d'une définition, ignore la variabilité réelle de l'objet ainsi échantillonné. Un échantillon d'un granite gris à cristaux pluri-millimétriques de quartz, d'orthose et de biotite est une bonne approximation conceptuelle d'un granite. Mais cet échantillon est une étude de cas, qui ne permet pas de discuter les limites et extensions du concept

de granite ainsi illustré. Le concept construit à partir de cet échantillon est souvent insuffisant pour permettre l'identification ultérieure d'un autre échantillon où d'autres minéraux seraient présents (plagioclase, muscovite, amphibole, etc.), où l'orthose serait de teinte rose et la roche à grain fin. L'observation d'une diversité d'échantillons de granite est une aide, sinon une nécessité, pour construire le concept de granite. La simplification opérée par le choix d'un objet, si elle semble à première vue faciliter l'apprentissage de l'élève, fragilise en fait la construction d'un concept opérationnel, c'est-à-dire utilisable dans d'autres situations. Le réel construit dans la classe ne permet pas toujours à l'élève de reconnaître le réel du terrain et les sorties scolaires ou universitaires qui viennent illustrer un cours montrent régulièrement ce décalage (Orange et al., 1999). Mais, derrière la relation concret/abstrait, c'est aussi la relation observation/théorie qui est en jeu.

La relation observation/théorie

La géologie enseignée a souhaité, sinon depuis ses débuts, au moins depuis 1902, partir de l'observation de terrain, de l'observation d'objets concrets pour aller de manière inductive vers l'interprétation, la généralisation et l'exposé des théories. A cet inductivisme, tout d'abord fortement revendiqué, puis masqué dans les années 1970 par l'affichage d'une démarche hypothético-déductive, se substitue depuis le début des années 2000 un discours sur l'enseignement des modèles. La géologie enseigne des modèles qu'il convient de faire comprendre aux élèves en utilisant l'observation comme une illustration de ces modèles. Souhaitons qu'on puisse même aller au-delà en faisant des tests des modèles. Mais pour cela il faudrait sans doute penser autrement le terrain et sa place dans l'enseignement de la géologie. S'il était artificiel de tenter de tirer d'une journée d'excursion les observations qui allaient ensuite permettre de résoudre le problème brièvement construit ou énoncé et donc artificiel, de faire reposer les conclusions et la théorisation finale sur de prétendues observations *a priori*, il peut être tout aussi artificiel d'expliquer un modèle complexe comme ceux de la géologie actuelle par quelques observations, manipulations de maquettes ou simulations informatiques.

Conclusion

Les sciences de la Terre sont enseignées dans le secondaire français depuis l'introduction d'un enseignement des sciences de la nature en 1795. Elles ont toujours été associées aux sciences de la vie au sein d'une même discipline scolaire partageant ainsi des objectifs pédagogiques et une épistémologie fondée sur l'observation d'objets naturels concrets, sur le raisonnement par induction, puis sur une démarche hypothético-déductive et enfin une démarche d'investigation. Leur enseignement, s'il s'est toujours revendiqué par nature comme lié au terrain, est passé progressivement de l'étude majoritaire d'objets de collections, à l'étude des phénomènes géologiques au travers de documents. Mais, si la France a une longue expérience scolaire de l'enseignement de la géologie, elle a en revanche très peu d'études historiques, didactiques, pédagogiques ou épistémologiques sur cet enseignement. Si les sciences de la Terre font partie de l'enseignement général des collèges et des lycées, l'ancien élève, l'enseignant ou le chercheur savent aussi que cette discipline fut et reste une disci-

plaine mal aimée, mal comprise et vite oubliée. Les questions sur son enseignement sont donc multiples et le choix d'introduire un enseignement historique du modèle de la tectonique des plaques, à la rentrée 2011 en classe de première scientifique, n'est sans doute pas le moindre des paradoxes (Savatton, 2011b). Si la construction historique de ce modèle est en effet un bel exemple pour une réflexion et un apprentissage épistémologique, son enseignement scolaire ne peut suffire à rééquilibrer un enseignement des sciences de la Terre très peu ouvert par ailleurs à cette dimension.

Bibliographie

Sources primaires

- Brongniart A. (1807). *Traité élémentaire de minéralogie avec des applications aux arts*. Paris, Deterville.
- Duméril C. (1804). *Traité élémentaire d'histoire naturelle*. Paris, Deterville.
- Haüy R.-J. (1801). *Traité de minéralogie*. Paris, Louis.

Nous n'indiquons pas dans ces sources les très nombreux textes officiels qui ont défini l'enseignement secondaire français des sciences de la Terre. Le lecteur pourra en revanche retrouver les références de ces textes dans l'article cité dans les références bibliographiques ci-dessous (Savatton, 2002).

Sources imprimées

- Caustier E. (1905). L'enseignement des sciences naturelles dans le premier cycle, In Le Dantec et al. (eds). *L'enseignement des sciences naturelles et de la géographie*. Paris, Imprimerie nationale, 59-84.
- Duris P. (1996). L'enseignement de l'Histoire naturelle dans les écoles centrales (1795-1802). *Revue d'Histoire des Sciences*, 99(1), 23-52.
- Durkheim E. (1925). *L'éducation morale*. Paris, PUF.
- Fritscher B., Henderson F. (1998). *Toward a history of mineralogy, petrology, and geochemistry*. München, Institut für Geschichte der Naturwissenschaften.
- Gohau G. (1987). *Histoire de la géologie*. Paris, La Découverte.
- Hulin N. (1989). *L'organisation de l'enseignement des sciences*. Paris, CTHS.
- Laudan R. (1987). *From mineralogy to geology. The foundations of a science, 1650-1830*. Chicago, The University of Chicago Press.
- Orange C., Beorchia F., Ducrocq P., Orange D. (1999). Réel de terrain, réel de laboratoire et construction de problèmes en sciences de la vie et de la Terre. *Aster*, 28, 107-129.
- Oria M. (1947). *Sciences d'observation. Géologie. Botanique. Classe de quatrième et cours complémentaires*. Paris, Hatier.
- Rudwick M. J. S. (2005). *Bursting the limits of time. The reconstruction of geohistory in the Age of revolution*. Chicago, The University of Chicago Press.
- Savatton P. (2002). De la minéralogie aux sciences de la Terre. La géologie dans l'enseignement secondaire de 1795 à 1988. *Revue d'Histoire des Sciences*, 55(4), 533-558.

- Savaton P. (2011a). L'enseignement des sciences naturelles dans les années 1960 : entre réformes, révolution et reconnaissance. In D'Enfert R., Kahn P. (dir.). *La politique scolaire des années 1960 : aspects institutionnels et enjeux disciplinaires*. Grenoble, Presses Universitaires de Grenoble, 121-139.
- Savaton P. (2011b). Histoire des sciences et démarche historique dans l'enseignement des SVT. Quelle histoire de la tectonique des plaques ? *Recherche en didactiques des sciences et des technologies*, 3, sous presse.

Le patrimoine géologique en France : de l'inventaire au géotourisme

Patrick De Wever ¹
Annie Cornée ¹
Grégoire Egoroff ¹
Arnault Lalanne ²

¹ Muséum National d'Histoire Naturelle
43 rue Buffon - CP48
F – 75005 Paris

² Ministère de l'Ecologie
du développement durable
des transports et du logement /DEB/PEM 4
La Grande Arche - Paroi Sud
F – 92055 La Défense Cedex

E-mails:

pdewever@mnhn.fr
cornee@mnhn.fr
geopatrimoine@mnhn.fr
arnault.lalanne@developpement-durable.gouv.fr

Dans le cadre de cet article, nous utilisons le vocable *géologie* dans son acception la plus large (du grec *geo-logos* : parler de la Terre), regroupant l'ensemble de la *géodiversité*. Il inclut donc la *sédimentologie*, la *paléontologie*, la *minéralogie*, la *tectonique*, la *géomorphologie*, etc.

Introduction : bref aperçu du statut juridique du patrimoine géologique en France

En Europe, l'intérêt pour la préservation de la Nature a fortement augmenté ces dernières années. En France, la notion de patrimoine naturel a émergé avec la loi de 1976 relative à la protection de la Nature (Tabl. 1) qui a officiellement établi le concept de Réserve naturelle.

DATE	INTITULÉ
30 mars 1887	Loi relative à la conservation des monuments et des objets d'art ayant un intérêt historique et artistique
21 avril 1906	Loi relative à la protection des sites et monuments naturels de caractère artistique
31 décembre 1913	Loi relative aux monuments historiques
2 mai 1930	Loi relative à la réorganisation de la protection des monuments naturels et des sites de caractère artistique, historique, scientifique, légendaire ou pittoresque
27 septembre 1941	Loi relative à la réglementation des fouilles archéologiques
22 juillet 1960	Loi relative à la création des parcs nationaux
10 juillet 1976	Loi relative à la protection de la nature
9 janvier 1985	Loi relative au développement et à la protection de la montagne
3 janvier 1986	Loi relative à l'aménagement, la protection et la mise en valeur du littoral
8 janvier 1993	Loi relative à la protection et la mise en valeur des paysages
2 février 1995	Loi relative au renforcement de la protection de l'environnement
17 janvier 2001	Loi relative à l'archéologie préventive
4 janvier 2002	Loi relative aux musées de France
27 février 2002	Loi relative à la démocratie de proximité
20 février 2004	Ordonnance relative à la partie législative du Code du patrimoine
12 juillet 2010	« Loi Grenelle 2 »

Tabl. 1 : Principales références de la législation française relative à la protection du patrimoine naturel.

Cependant, pendant près de trente ans, la priorité a clairement été mise sur le patrimoine biologique. La protection de la Nature a longtemps été comprise comme la protection du *vivant* (fleurs, oiseaux, insectes, papillons, etc.). Mais durant le dernier quart de siècle, les efforts des géologues, associés à la Commission Géologie du réseau Réserves Naturelles de France, une organisation non gouvernementale d'importance nationale, ont permis la reconnaissance du volet géologique dans le patrimoine naturel. C'est ainsi que plusieurs réserves naturelles géologiques ont été

créées depuis 1982 (Fig. 1). La mobilisation de la communauté géologique a également abouti, en 1991, à la publication de la Déclaration Internationale des Droits de la Mémoire de la Terre (Fig. 2).

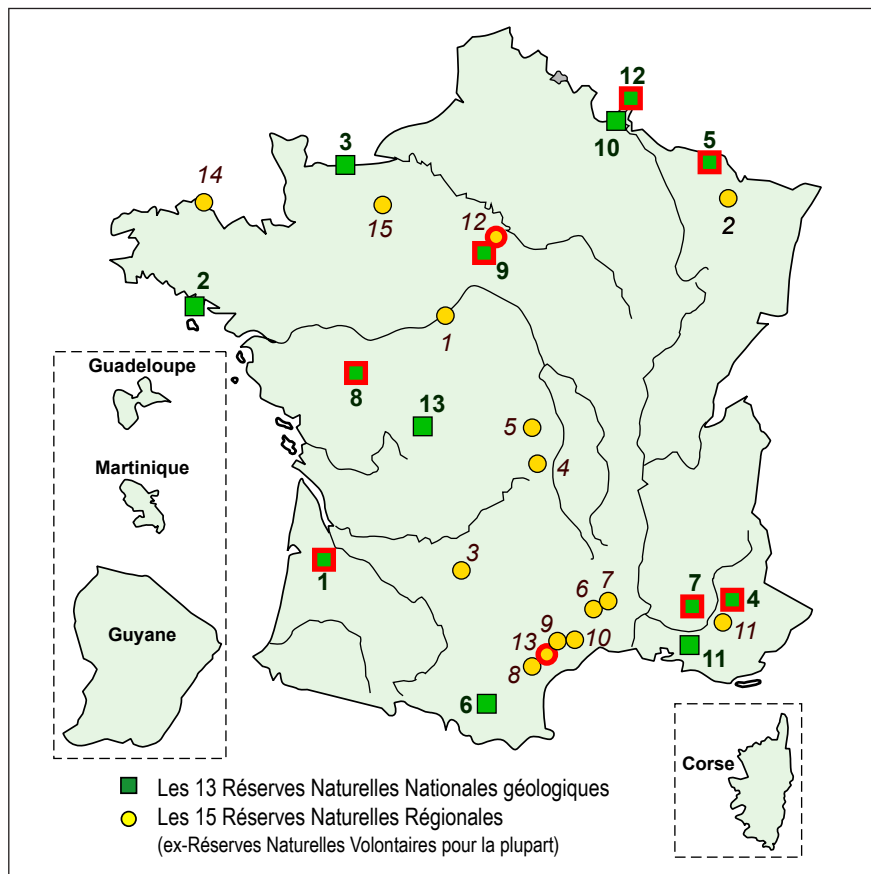


Fig. 1 : Les réserves naturelles géologiques de France. Celles qui sont entourées en gras renferment un stratotype. *Les réserves naturelles nationales*. 1. Saucats - La Brède (Aquitainien - Burdigalien) 2. François le Bail (Ile de Groix). 3. Falaise du Cap Romain. 4. Haute-Provence (Barrémien). 5. Hettange-Grande (Hettangien). 6. Grotte du TM 71. 7. Luberon (Aptien). 8. Thouars (Toarcien). 9. Sites géologiques de l'Essonne (Stampien). 10. Vireux-Molhain. 11. Sainte-Victoire. 12. Pointe de Givet (Givétien). 13. Astroblème de Rochechouart-Chassenon. *Les réserves naturelles régionales*. 1. Four à chaux de Pontlevoy. 2. Longeville-Lès-Saint-Avold. 3. Lavergne. 4. Puy de Marmant. 5. Menat. 6. Robiac. 7. Saturnin Garimond. 8. Montredon. 9. La Lieude. 10. Aumelas. 11. Saint-Martin de Bromes. 12. Itteville (Stampien). 13. Coumiac (limite Frasnien-Famennien). 14. Sillon de Talbert, 15. Normandie Maine. Situation en 2010.

Déclaration internationale des droits de la mémoire de la Terre

1. Chaque Homme est reconnu unique, n'est-il pas temps d'affirmer la présence et l'unicité de la Terre ?
2. La Terre nous porte. Nous sommes liés à la Terre et la Terre est lien entre chacun d'entre nous.
3. La Terre vieille de quatre milliards et demi d'années est le berceau de la Vie, du renouvellement et des métamorphoses du vivant. Sa longue évolution, sa lente maturation ont façonné l'environnement dans lequel nous vivons.
4. Notre histoire et l'histoire de la Terre sont intimement liées. Ses origines sont nos origines. Son histoire est notre histoire et son futur sera notre futur.
5. Le visage de la Terre, sa forme, sont l'environnement de l'Homme. Cet environnement est différent de celui d'hier et différent de celui de demain. L'Homme est l'un des moments de la Terre ; il n'est pas finalité, il est passage.
6. Comme un vieil arbre garde la mémoire de sa croissance et de sa vie dans son tronc, la Terre conserve la mémoire du passé... une mémoire inscrite dans les profondeurs et sur la surface, dans les roches, les fossiles et les paysages, une mémoire qui peut être lue et traduite.
7. Aujourd'hui, les Hommes savent protéger leur mémoire : leur patrimoine culturel. A peine commence-t-on à protéger l'environnement immédiat, notre patrimoine naturel. Le passé de la Terre n'est pas moins important que le passé de l'Homme. Il est temps que l'Homme apprenne à protéger et, en protégeant, apprenne à connaître le passé de la Terre, cette mémoire d'avant la mémoire de l'Homme qui est un nouveau patrimoine : le patrimoine géologique.
8. Le patrimoine géologique est le bien commun de l'Homme et de la Terre. Chaque Homme, chaque gouvernement n'est que le dépositaire de ce patrimoine. Chacun doit comprendre que la moindre déprédation est une mutilation, une destruction, une perte irréversible. Tout travail d'aménagement doit tenir compte de la valeur et de la singularité de ce patrimoine.
9. Les participants du premier symposium international sur la protection du patrimoine géologique, composé de plus d'une centaine de spécialistes issus de trente nations différentes, demandent instamment à toutes les autorités nationales et internationales de prendre en considération et de protéger le patrimoine géologique au moyen de toutes mesures juridiques, financières et organisationnelles.

Digne, le 13 juin 1991, France

Fig. 2 : La Déclaration internationale des droits de la mémoire de la Terre. (Collectif, 1994).

En France, il existe plusieurs dispositifs de protection et/ou de gestion des espaces naturels (UICN, Comité français, 2010) :

- une approche *foncière* avec acquisitions des terrains (par exemple les Espaces naturels sensibles des départements, le Conservatoire du littoral, etc.) ;
- une approche *conventionnelle* qui confie à un tiers la gestion et la préservation d'un espace pour une durée déterminée (par exemple les Parcs naturels régionaux) ;
- enfin une approche *réglementaire* qui correspond à quatre statuts principaux : les coeurs de Parcs Nationaux, les sites classés et inscrits, les arrêtés de protection de biotope, les Réserves Naturelles nationales, régionales ou de Corse.

Le classement ou l'inscription de sites sont issus de la loi de 1906, qui a été établie dans sa forme définitive par la loi de 1930. Cette protection s'applique aux sites et monuments naturels « dont la conservation ou la préservation présente du point de vue artistique, historique, scientifique, légendaire et pittoresque, un intérêt général ». On compte actuellement en France environ 2650 sites classés et 4700 sites inscrits. Une démarche particulière de gestion a été mise en place pour certains sites classés, très renommés et subissant une forte fréquentation, afin d'en assurer la préservation, éventuellement la restauration et la mise en valeur : ce sont les « opérations grands sites ». On en compte 47 en 2010, dont beaucoup comportent une dimension géologique évidente : la Dune du Pilat, la Pointe du Raz, les Cap Gris-Nez et Blanc-Nez, le Volcan du Cantal, pour n'en citer que quelques-uns.

Les arrêtés de protection de biotope sont un outil de protection du patrimoine biologique au niveau départemental, qui relève du préfet. Cet outil a l'avantage d'être relativement souple et rapide à mettre en œuvre puisqu'il ne nécessite pas d'enquête publique. Il peut donc être très efficace en cas de menace immédiate. Depuis la loi du 12 juillet 2010, cette législation pourra être étendue à des sites géologiques, dès que le décret d'application aura été publié. On compte actuellement 681 de ces arrêtés en France métropolitaine.

Ce statut de Réserve naturelle a été institué par la loi sur la protection de la nature de 1976. En 2002, la loi relative à la démocratie de proximité a introduit la distinction en Réserves naturelles nationales (classement à l'initiative de l'Etat), Réserves naturelles régionales (à l'initiative des régions) et Réserves naturelles de Corse (à l'initiative de l'Assemblée de Corse après consultation des collectivités territoriales). Ce statut implique non seulement une réglementation pour assurer la protection et la conservation du patrimoine naturel, mais il prévoit également la gestion de l'espace naturel. Il existe à l'heure actuelle 255 réserves naturelles.

L'inventaire du patrimoine géologique

La loi de 2002, déjà citée, apporte une reconnaissance formelle de la notion de patrimoine géologique. Ce terme fait encore débat aujourd'hui et mériterait d'être précisé, tout comme la notion d'« objet géologique remarquable ». Cette notion recouvre les objets remarquables en raison de leur valeur scientifique, pédagogique et historique, de leur rareté, de leur exemplarité, de leur représentativité, de leur état exceptionnel de conservation ou de leurs qualités esthétiques. De tels objets remarquables, quelle que soit leur taille, doivent bénéficier d'une protection et d'une préservation *in situ* ou *ex situ*. Aujourd'hui, la protection du patrimoine est comprise comme un processus dynamique : plutôt que de placer les objets sous cloche, on privilégie une approche active, facilitant l'accès à la connaissance et à la recherche. Cette protection doit nécessairement passer par un statut légal pour les objets géologiques les plus remarquables. Depuis la loi Barnier de 1995, une liste nationale des sites géologiques protégés aurait dû être proposée. Elle ne l'a jamais été. Cependant, une telle liste n'est pas simple à établir et elle nécessite un inventaire et une évaluation préalables qui devront être réalisés région par région. La loi de 2002 institue l'inventaire du patrimoine naturel pour l'ensemble du territoire national, patrimoine naturel qui

comprend explicitement les « richesses géologiques, minéralogiques et paléontologiques ». En avril 2007, le Ministère en charge de l'environnement a officiellement lancé l'inventaire national du patrimoine géologique. Ainsi un premier pas a été fait ; c'est maintenant à la communauté géologique de se mobiliser, comme les biologistes l'ont fait depuis plus de 50 ans pour le patrimoine vivant. Une méthodologie a été définie et un outil informatique a été mis au point et largement distribué (figure 3).

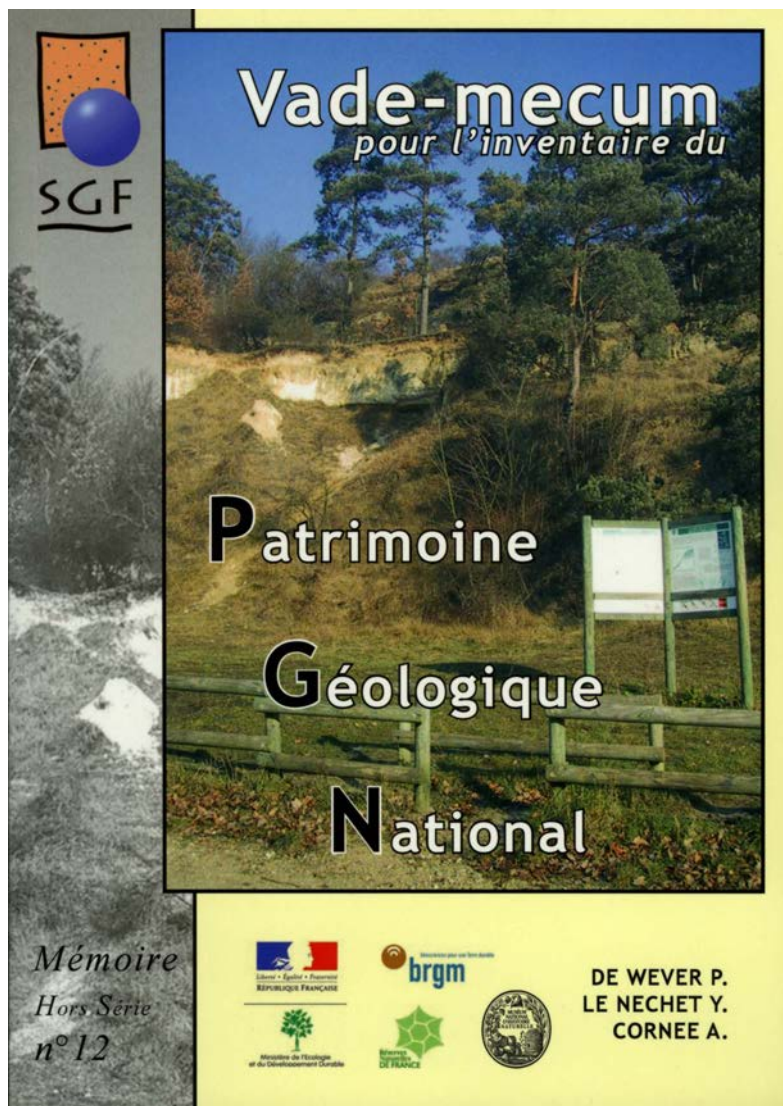


Fig. 3 : Couverture du Vade-mecum pour l'inventaire du patrimoine géologique national. La méthodologie de l'inventaire du patrimoine géologique national est présentée dans un mémoire hors série de la Société géologique de France (De Wever et al., 2006). Cet ouvrage met notamment en perspective l'évolution des textes de lois au niveau national et international. La photo illustrant la couverture de l'ouvrage est celle du stratotype du Stampien, protégé par une réserve naturelle nationale.

Les données sont collectées à l'échelle régionale. Elles sont rassemblées, homogénéisées, puis examinées à l'échelle régionale par le Conseil scientifique régional du patrimoine naturel. Après validation par ce conseil, les données sont transmises pour validation au Muséum national d'histoire naturelle, qui a la responsabilité scientifique et méthodologique de l'inventaire selon la loi de 2002. Les données des sites validés sont conservées au niveau régional et national ; elles seront ensuite mises en ligne sur le site <http://geologie.naturefrance.fr> pour les spécialistes et sur le site <http://inpn.mnhn.fr> pour un public plus large comme cela se fait pour les autres données sur la nature (faune, flore, habitats, écosystèmes, etc.).

Les données de l'inventaire pourront être valorisées, par exemple sous forme de livres électroniques portant sur une région donnée qui pourront être publiés sur des sites tels que http://paleopolis.rediris.es/cg/fr-index_books.html (consulté le 23.11.2011).

Ces données fourniront aussi des ressources pour la base de données de l'Education nationale, la « Lithothèque nationale », destinée aux professeurs pour faciliter l'organisation des sorties de terrain pour les élèves ou les étudiants : <http://www.educnet.education.fr/svt/ressources-numeriques/banques-de-donnees/litho> (consulté le 23.11.2011). Par ce biais, les données seront disponibles sur *Google Earth*.

L'inventaire est une étape ; il sera amené à évoluer (dans ses objectifs, sa réalisation) en fonction de son utilisation par l'administration et/ou pour l'aménagement du territoire. Beaucoup de sites sont en effet détruits par simple ignorance, parce que les décideurs n'en connaissent pas l'existence.

Des discussions ont également été engagées avec l'*International Paleontological Association* (IPA) pour éventuellement alimenter leur base de données, si elle perdure... Par ailleurs, l'IUGS (*International Union of Geological Sciences*) a mis en place un groupe de travail sur le patrimoine géologique (*Geoheritage Task Force*) en 2010. Un des objectifs est d'alimenter une base de données des géosites d'importance internationale. Un programme de ce type avait déjà été entrepris, il y a quelques années, avec le même nom mais seule une centaine de sites avait été traitée (au début du programme). Ce programme pourrait redémarrer si les géosites identifiés et validés au niveau national viennent enrichir la base. Les sites français de valeur internationale pourraient, par exemple, être transférés dans cette base internationale, comme le seront ceux qui sont déjà identifiés dans d'autres pays (Espagne, Pays-Bas, etc.). Cela éviterait un double travail (si on devait faire coexister des bases nationales et une base internationale).

La valorisation du patrimoine géologique

Au cours de la récente « Année internationale de la planète Terre » (2007-2009), la France a choisi de mettre l'accent sur la valorisation. Les résultats ont largement dépassé les espérances puisque plus de la moitié des projets acceptés concernaient, pour partie au moins, le patrimoine géologique. La protection du patrimoine géologique nécessite des moyens et un vrai désir de conservation. Cela ne peut aboutir que si l'on a une bonne connaissance des objets géologiques. Afin de faire connaître

et de sensibiliser à la notion de patrimoine géologique, plusieurs moyens peuvent être utilisés : les conférences, les livres, les excursions, les collections de petits fascicules, les expositions.

En fonction des pays et des cultures, un moyen ou un autre est favorisé. Une étude récente conduite par Nathalie Cayla dans l'arc alpin (Cayla, 2009) montre que les pays de culture latine (Italie, France, Suisse romande) donnent la préférence aux musées, tandis que les pays de culture germanique (Allemagne, Autriche, Suisse alémanique) favorisent les aménagements *in situ* : sentiers géologiques équipés de panneaux explicatifs, par exemple (Tabl. 2).

Pays	Musées (%)	Sentiers géologiques (%)
France	52	48
Italie	54	46
Slovénie	62	38
Suisse	50	50
Allemagne	11	89
Autriche	33	67

Tabl. 2 : Comparaison des pourcentages de musées et de sentiers aménagés dans l'arc alpin (d'après Cayla, 2009).

Plusieurs livres destinés à une sensibilisation à la géologie et au patrimoine géologique ont déjà été publiés par différents éditeurs, avec différents formats. Récemment, ce sont trois collections qui ont été lancées : *Stratotypes*, *Balades géologiques*, *Géologie & tourisme*.

Stratotypes

L'échelle géologique est basée sur la notion de stratotype. Historiquement, l'Europe occidentale est l'un des berceaux de la stratigraphie. La France, quant à elle, compte plus de 40 stratotypes (Fig. 4). Même si certains d'entre eux ne présentent plus qu'un intérêt historique, ils constituent de bons supports pour aborder la notion de patrimoine géologique auprès d'un large public. Ils permettent d'expliquer la paléontologie, la sédimentologie, l'importance du temps en géologie, etc., la plupart des concepts utilisés en géologie.

En 2008, une collection intitulée « Patrimoine géologique. Stratotypes » a été lancée, éditée par le Muséum national d'histoire naturelle, Biotope et BRGM-éditions. Un volume sera consacré à chaque stratotype. Destinée à un large public, la collection a pour objectif d'expliquer ce qu'est un stratotype, à savoir un étalon scientifique de valeur internationale qui, à ce titre, mérite conservation et protection et, ainsi, de faire prendre conscience au lecteur de la valeur de ce patrimoine. Chaque ouvrage retrace l'historique des travaux consacrés à cet intervalle de temps et rassemble les données géologiques sur cet étage. Il présente aussi l'influence de ce patrimoine géologique sur les activités humaines (pratiques agricoles et industrielles, architecture, constructions, etc.). Dans la mesure du possible, l'ouvrage recense les collections associées à cet étage (contenu, abondance, lieux de conservation), soulignant que le patrimoine géologique couvre aussi bien les objets *in situ* que les objets

ex situ (Fig. 5). Deux volumes sont aujourd’hui publiés. Ils concernent le Lutétien et l’Albien. Les ouvrages sur l’Hettangien et le Stampien sont prévus pour 2012. Plusieurs autres sont en cours, dans un état d’avancement variable : Barrémien, Aquitanien, Givétien, Aptien, Berriasien, Briovérien, Cénomanién, Danien, Sinémurien, Sparnacien, Toarcien et Turonien.

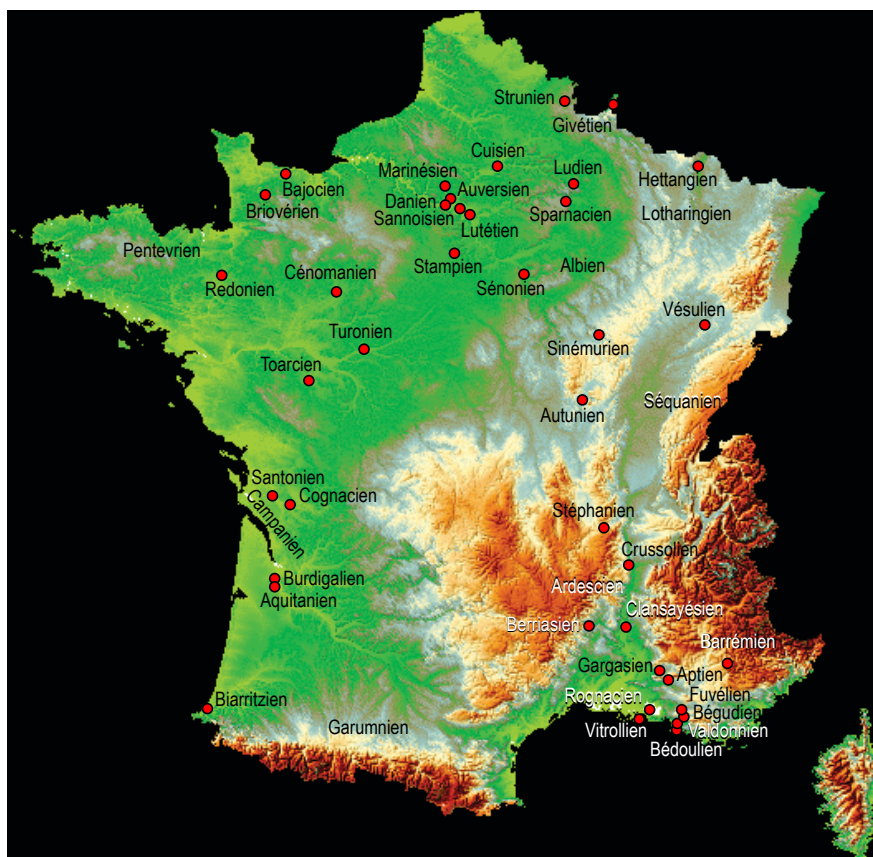


Fig. 4 : Localisation des stratotypes français.

Balades géologiques

La géologie est souvent perçue comme une discipline austère et difficile, parfois même rébarbative. Pour faire changer cet état d’esprit, nous avons créé une collection de fascicules décrivant des circuits géologiques en ville qui montrent les relations entre les roches, l’architecture, l’aménagement de la ville, son histoire et qui cherchent à associer l’art et la science. Le but est de démontrer que, tout comme l’art, la science appartient à la culture. Généralement cette approche rencontre beaucoup de succès. Le projet couvre toute la France et associe le Muséum national d’histoire naturelle, la Société géologique de France, Biotope et le BRGM. Plusieurs villes ont déjà été traitées : Etampes, La Rochelle, Milly-la-Forêt, Bordeaux, Fréjus, Chambéry ; une vingtaine d’autres sont en cours de rédaction (en plus de Paris qui fera l’objet de 19 fascicules) (Fig. 6).



Fig. 5 : Couverture des deux premiers volumes de la collection « Patrimoine géologique. Stratotypes » : A gauche : Lutétien (Merle, 2008). A droite : Albien (Colleté, 2010).

Géologie et tourisme

Une nouvelle collection, intitulée « Géologie & tourisme », a vu le jour en 2011 (éditée par le Muséum national d'histoire naturelle et Biotope) pour présenter des itinéraires géologiques. Les promenades géologiques en ville sont de bons outils pour sensibiliser le public à la géologie. Dans la nature, les sentiers géologiques ou les « géoroutes » permettent d'accéder à la géologie *in situ* à différentes échelles : sur des distances parcourues à pied ou en voiture. Plusieurs routes ont été aménagées avec cet objectif : la *Via GeoAlpina* et la Route géologique transpyrénéenne.

Via GeoAlpina

Ce projet a été initié par l'IUGS et l'UNESCO dans le cadre de l'Année internationale de la planète Terre. Il rassemble des organisations appartenant à 6 pays alpins (Autriche, France, Allemagne, Italie, Slovénie et Suisse) (www.viageoalpina.org, consulté le 23.11.2011). Ce projet Via GeoAlpina est implanté le long de la Via Alpina, un itinéraire de randonnée pédestre traversant tous les pays de l'arc alpin, de Trieste à Monaco. Il vise à développer et étendre la connaissance de la géologie, de la géomorphologie, l'hydrologie, des risques naturels et des utilisations des matériaux. Tout en marchant le long de sentiers balisés, les touristes et les randonneurs sont informés de l'histoire de la formation des Alpes et des secrets de la planète Terre.



Fig. 6 : Exemples de promenades géologiques : Étampes (Billet et al., 2008), Bordeaux (Caro & Mulder, 2010), Milly-la-Forêt (De Wever et al., 2009).



Route géologique transpyrénéenne

Cette route géologique, réalisée par des associations française (GéoVal) et espagnoles (GeoAmbiente et GeoTransfert), traverse les Pyrénées et propose la découverte de la géologie de la vallée d'Aspe et du Haut Aragon. Elle s'étend sur plus de 200 km et comporte 25 arrêts aménagés avec des panneaux explicatifs.

Conclusion

La mise en valeur du patrimoine géologique, pédagogique, touristique, scientifique, si elle se veut représentative, passe obligatoirement par l'établissement préalable d'un inventaire exhaustif qui soit homogène pour l'ensemble d'un territoire. Un choix raisonné des sites est alors possible tant pour les possibilités d'aménagement que pour déterminer les sites qui requièrent une protection légale et/ou physique.

Bibliographie

- Billet G., Bonnefoy B., De Wever P., Houssaye A., Merle D. (2008). *Promenade géologique à Etampes*. Mèze/Paris/Orléans, Biotope/MNHN/BRGM, Collection Balades géologiques.
- Billet P. (2002). *La protection du patrimoine géologique. Guide juridique*. Montpellier, ATEN, Cahiers techniques 67.
- Caro M., Mulder T. (2010). *Promenade géologique à Bordeaux*. Mèze/Paris/Orléans, Biotope/MNHN/BRGM, Collection Balades géologiques.
- Cayla N. (2009). *Le patrimoine géologique de l'arc alpin*. Thèse de doctorat, Université de Savoie.
- Collectif (1994). *Actes du premier symposium international du patrimoine géologique*. Digne-les-Bains, 11-16 juin 1991, Mémoire de la Société Géologique de France, 165.
- Colleté C. (coord.) (2010). *Stratotype Albien*. Paris/Mèze/Orléans, MNHN/Biotope/BRGM, Collection Patrimoine géologique, 2.
- De Wever P., Le Néchet Y., Cornée A. (2006). *Vade-mecum pour l'inventaire national du patrimoine géologique*. Paris, Mémoire hors série de la Société Géologique de France.
- De Wever P., Merle D., Bonnefoy B., Billet G. (2009). *Promenade géologique à Milly-la-Forêt*. Mèze/Paris/Orléans, Biotope/MNHN/BRGM, Collection Balades géologiques.
- Merle D. (coord.) (2008). *Stratotype Lutétien*. Paris/Mèze/Orléans, MNHN/Biotope/BRGM, Collection Patrimoine géologique, 1.
- UICN Comité français (2010). *Les espaces protégés français. Une pluralité d'outils au service de la conservation de la biodiversité*. Disponible sur: http://www.uicn.fr/IMG/pdf/Espaces_proteges.pdf (consulté le 30 juin 2011).

Initiation à la géologie du massif du Jura

Premier bilan de l'action « Montagnes du Jura »

Michel Campy ¹
Vincent Bichet ²
Marie-Jeanne Roulière-Lambert ³
Coralie Bretin ³

¹ 1 Impasse de la Chaux
F – 39110 Marnoz

² UMR CNRS 6249
Chrono-Environnement
Université de Franche-Comté
16 Route de Gray
F – 25030 Besançon cedex

³ Conseil général du Jura
Conservation départementale d'histoire
naturelle, archéologie et ethnologie
17 Rue Rouget de Lisle
F – 39039 Lons-le-Saunier Cedex

E-mails:
mcampy@orange.fr
vincent.bichet@univ-fcomte.fr
mjlambert@cg39.fr, cbretin@cg39.fr

Introduction

Le département du Jura est inclus dans une entité géographique et géologique à part entière, le massif jurassien, aujourd'hui arbitrairement traversé par une frontière. Les paysages y sont étroitement liés à la structure géologique régionale. Après Alexander von Humboldt en 1785, Alexandre Brongniart érigea en 1829 l'ensemble lithologique des « calcaires ou terrains du Jura » correspondant aux sédiments riches en fossiles déposés au fond des mers de l'ère secondaire entre –199 et –145 millions d'années en système sous le nom de « Jurassique », unité stratigraphique désormais connue dans le monde entier.

Après des découvertes d'ossements de Platéosaures dès le XIX^e siècle, la mise au jour récente de sites à pistes de dinosaures jurassiques d'importance internationale a conduit à un profond renouvellement des connaissances dans un domaine qui s'avère fortement identitaire. Aujourd'hui, découvertes scientifiques et engouement du public se conjuguent. A l'instar d'autres expériences de valorisation du patrimoine géologique (*Découvrir le patrimoine géologique de la France*, 2008), ce patrimoine particulier a fait, depuis une vingtaine d'années, l'objet d'études et d'expériences régulières de médiation dans le Jura. La dernière action de médiation, en cours actuellement, avec le soutien du Conseil général du Jura, est présentée ci-dessous.

Répondant à une réelle attente du public, cette action de sensibilisation populaire à la géologie régionale a débuté fin août 2008 avec la sortie d'un ouvrage didactique sur la géologie de l'Arc jurassien (Bichet & Campy, 2008), qui a bénéficié du label « Année internationale de la planète Terre », et se poursuit avec un dispositif comprenant une exposition, des visites commentées et des sorties sur le terrain. L'originalité de ce projet est de prendre des physionomies différentes selon les lieux d'accueil de l'exposition qui en constitue le noyau.

Un livre

« De la Suisse à la France et du Léman à la Bresse, le massif jurassien étire son relief des coteaux viticoles aux sommets de la Haute-Chaîne. La diversité de ces paysages, comme celle des roches qui le constituent, livre une histoire de plus de 400 millions d'années qui se mêle à l'histoire de notre planète, de ses océans et de la migration de ses continents.

Notre regard ne sait plus lire les roches et les paysages de notre quotidien, des plus ordinaires aux plus somptueux. En expliquant avec simplicité la géologie du Jura à travers l'observation de ses roches et des formes de son relief, les auteurs tentent de donner à chacun, amateurs et curieux de nature, le goût de la contemplation réfléchie de notre cadre naturel et le plaisir de mieux le comprendre ».

L'ouvrage (Fig. 1) est le fruit de la collaboration de Michel Campy, géologue, jurassien d'origine et professeur émérite de l'Université de Bourgogne, et de Vincent Bichet, maître de conférences en géosciences à l'Université de Franche-Comté, qui fut son étudiant. Tous deux ont uni leurs compétences pour doter le massif du Jura de cet

ouvrage à l'approche novatrice, par sa présentation, dont l'un des objectifs est de donner une vision vivante et actuelle de la géologie et de son apport à notre vie quotidienne.

Abondamment illustré d'une iconographie presque totalement nouvelle (480 photographies, 280 schémas), cet ouvrage de 304 pages est présenté par thèmes occupant chacun une double page. Son approche ne nécessite donc pas une lecture en continu, mais permet une sorte de « picorage » selon les centres d'intérêt du lecteur. Il est construit en quatre parties :

- quelques idées pour comprendre la géologie du Jura ;
- les matériaux géologiques jurassiens ;
- les paysages jurassiens expliqués par la géologie ;
- de l'océan aux montagnes du Jura.

Fruit de cinq ans de travail, l'ouvrage *Montagnes du Jura, géologie et paysages* a connu et connaît encore un grand succès : il a été édité à 3000 exemplaires en septembre 2008 ; rapidement épuisé, 1600 volumes supplémentaires ont été imprimés en juin 2009 et le troisième tirage, en 2010, s'est élevé à 1400 exemplaires.

Les raisons de cette réussite ? Elles tiennent, selon Samuel Cordier (*Le Progrès*, 5 juillet 2010), aux objectifs des deux auteurs et du graphiste Alain Tournier : « *Faire la promotion d'une discipline et d'un territoire qui nous tient à cœur, écrire pour un public qui a une sensibilité naturaliste et surtout curieux de comprendre comment se sont mis en place les paysages qui l'entourent* ». A partir d'une observation en bord de route, d'un belvédère ou dans une carrière, un concept est développé sur chaque double page du livre, apportant au lecteur des connaissances, tout en restant simple dans la lecture.



Fig. 1 : « Montagnes du Jura. Géologie et paysages », un ouvrage au concept novateur : les thèmes abordés occupent chacun une double page. Infographie : Alain Tournier (archigraph@luxinet.fr).

Un contexte marqué par un renouveau de l'intérêt pour la géologie du massif du Jura

La parution du livre s'est inscrite dans une période de renouveau de l'approche de la géologie par les Jurassiens, suite à la découverte, en 2004, d'un site à pistes de dinosaures, daté du Jurassique (Kimméridgien supérieur), à Coisia dans le Sud du département du Jura. Complémentaire des découvertes effectuées en Suisse dans le canton du Jura depuis 2002 à Courtedoux et Chevenez, celle de Coisia (complétée par celle de Loulle en 2006) a suscité, sur proposition du Conseil général du Jura, la mise en place du projet *Sur les pistes des dinosaures jurassiques du massif du Jura*, soutenu par l'Union européenne, la Confédération suisse et les cantons suisses du Jura et de Fribourg, dans le cadre d'un programme transfrontalier INTERREG IIIA.

Ce projet trilingue (français, anglais, allemand) comprenait l'exposition *Paléomania. Sur la piste des paléontologues dans l'Arc jurassien*, un film *Sur la piste des dinosaures jurassiens*, des maquettes pédagogiques et un site internet (www.lejurassique.com).

Pour compléter ce dispositif, Vincent Bichet et Michel Campy, qui travaillaient déjà sur l'ouvrage *Montagnes du Jura*, apportèrent leur concours à l'ouvrage *Jurassique... Jura. Métamorphoses d'un paysage*, rédigé par un collectif franco-suisse sur proposition de Pierre Hantzpergue (professeur à l'Université Lyon 1) avec le concours de collègues suisses, dont Jean-Pierre Berger (professeur à l'Université de Fribourg, Suisse) (Hantzpergue & Bichet, 2007). Coédité par deux associations, une française et une suisse, il a été tiré à 3000 exemplaires en 2007 ; côté français, il en a été retiré 600 exemplaires en 2008.

Après Chevenez (990 habitants) en 2007, où plus de 8800 visiteurs ont été dénombrés entre juin et octobre, l'exposition *Paléomania. Sur la piste des paléontologues dans l'Arc jurassien* a suscité en 2008 un engouement populaire indéniable à Arinthod (1200 habitants), situé à proximité du site de Coisia. Là, ce sont 9000 personnes qui ont découvert le Jura des dinosaures de mai à septembre. A Pontarlier, on a compté 1500 visiteurs du 4 au 27 avril 2008.

Ainsi, la parution de *Montagnes du Jura* en août 2008 arrivait à un moment opportun pour maintenir, voire relancer, l'intérêt du public.

Une exposition et des médiations diversifiées

Devant le succès du livre et la curiosité certaine du public pour la géologie, le Conseil général du Jura a proposé de réaliser une exposition itinérante, facilement transportable, destinée à circuler dans les principales agglomérations et dans des établissements scolaires (lycées et collèges) du département, voire au-delà.

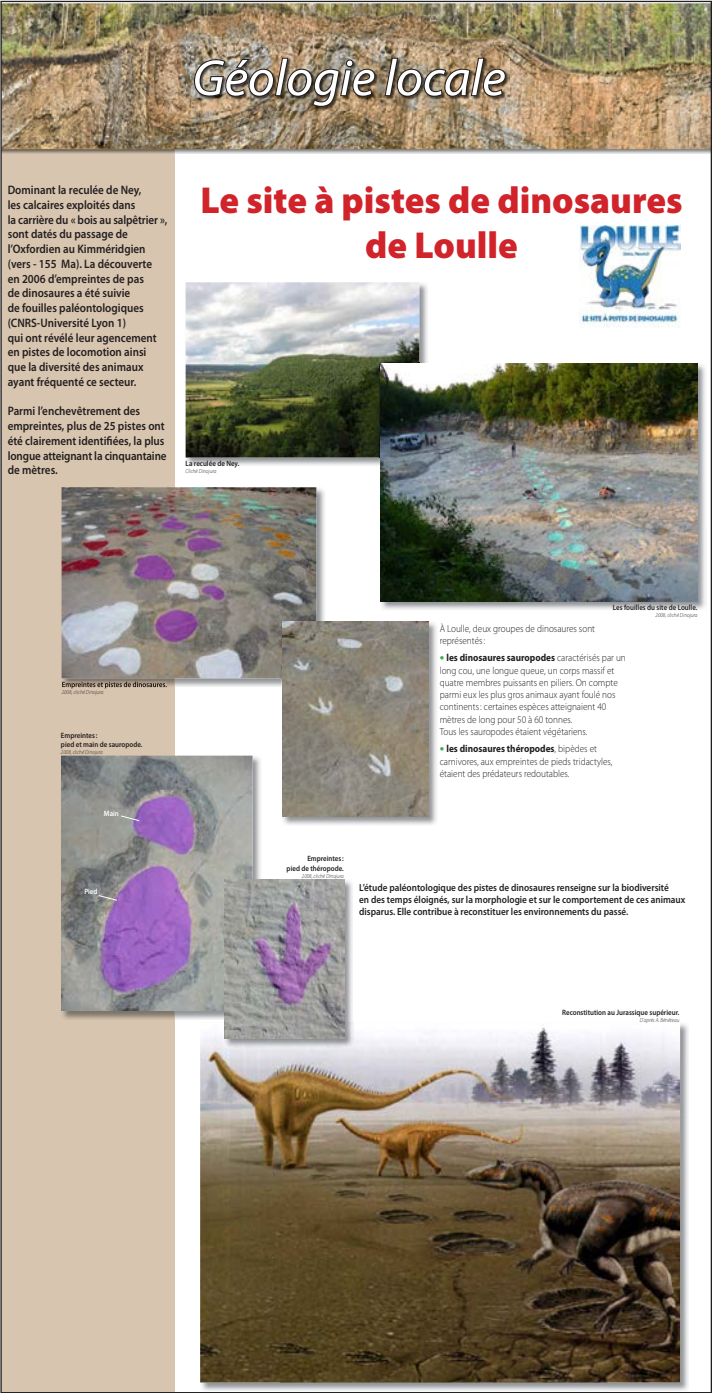


Fig. 2 : Exemple de panneau : le site à pistes de dinosaures de Loulle.
Infographie : Alain Tournier.

L'exposition se compose de 14 panneaux de base, donnant les fondamentaux de la géologie du Jura, auxquels s'ajoutent 3 à 5 panneaux traitant de particularités géologiques du lieu où est présentée l'exposition. Fin 2010, on dénombrait ainsi plus de 40 panneaux. Leur contenu est proposé et rédigé par les auteurs de l'ouvrage. Leur présentation, assurée par Alain Tournier, le graphiste qui a mis en page le livre éponyme, donne à l'ensemble une grande cohérence (Fig. 2).

L'exposition au cœur du 180^e anniversaire de la dénomination du Jurassique dans le Jura

Pour le 180^e anniversaire de la dénomination du Jurassique, les 17 et 18 octobre 2009, l'exposition constituait l'un des points forts d'un programme conséquent labellisé « Année internationale de la planète Terre » :

- conférences des Prof. Patrick de Wever, du Muséum national d'histoire naturelle, Paris, Jacques Thierry, professeur émérite à l'Université de Bourgogne et Pierre Hantzpergue, de l'Université Lyon 1 ;
- excursion sur des sites du Revermont au Deuxième Plateau avec des visites commentées par Michel Campy, Pierre Hantzpergue et Jean-Michel Mazin (CNRS), dotée d'un livret très documenté (Campy et al., 2009) présentant l'itinéraire et les thèmes abordés (gisement de charbon au Pin, Jurassique inférieur et moyen du rocher de Château-Chalon, chevauchement du Jura sur la Bresse, reculée de Baume-les-Messieurs, faisceau de la Côte de l'Heute, karst, faille à Crançot, carrière du Mont Rivel (Fig. 3), environnement sédimentaire avec la coupe stratigraphique de la route de Ney à Loulle, site à pistes de dinosaures de Loulle).

Ce programme, préparé et animé par les scientifiques, a été coordonné par le Conseil général du Jura avec la collaboration logistique du Groupe minéralogique et paléontologique de Champagnole, de l'association Mèta-Jura et de la Ville de Champagnole. Le Prof. Jean Dercourt, secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences, a honoré de sa présence ces deux journées. Les scientifiques et le nombreux public présent ont fait de ces deux journées un temps fort de l'Année internationale de la planète Terre dans le massif jurassien.

Présentée à Champagnole du 10 au 25 octobre 2009, l'exposition *Montagnes du Jura* a accueilli, en plus des scientifiques et amateurs ayant participé aux journées des 17 et 18 octobre, près de 1000 visiteurs, dont des scolaires de la région champagnolaise.



Fig. 3 : Visite de la carrière du Mont Rivel par le Prof. Pierre Hantzpergue lors de l'excursion organisée pour le 180^e anniversaire de la dénomination du Jurassique. Cliché : Robert Lepennec.

Circulation de l'exposition

Dans le Jura français, département de 257 000 habitants à dominante rurale, l'exposition est accueillie dans des lieux très divers, à la demande des municipalités, associations, médiathèques, professeurs de sciences de la Vie et de la Terre, etc. Onze lieux d'exposition l'ont accueillie pour une durée moyenne inférieure à un mois chacun, de juin 2009 à novembre 2010.

L'exposition a été présentée tout d'abord dans le hall du bâtiment abritant le Conseil général du Jura, à Lons-le-Saunier, en juin 2009. Depuis, elle concourt à l'animation culturelle locale lorsqu'elle inaugure la nouvelle maison de la communauté de communes de la Petite Montagne à Arinthod (juillet-septembre 2009), investit la galerie-résidence Sanders à Salins-les-Bains (avril-mai 2010), s'installe au Foyer-logement de personnes âgées à Moirans (septembre 2010) et y reçoit la visite des scolaires environnants.

Des municipalités et établissements scolaires ont vu dans l'exposition un outil pédagogique permettant de découvrir l'environnement dans lequel vivent les jeunes d'un territoire. Ce fut le cas à Arbois (demande de la communauté de communes « *Arbois, vignes et villages, pays de Pasteur* », octobre-décembre 2009), Lons-le-Saunier (Lycée Jean-Michel, janvier-février 2010), Dole (Lycée Duhamel, mars-avril 2010), Nozeroy (collège, mai-juin 2010), Mont-sous-Vaudrey (médiathèque, juin

2010), Poligny (chapelle de la Congrégation, octobre-novembre 2010 ; Fig. 4). Le Centre Paul-Emile Victor de Prémanon, dans le Haut-Jura, a couplé l'exposition avec le Salon du livre polaire et de montagne (juillet-août 2010).

Chaque vernissage de l'exposition est accompagné d'une présentation commentée par Michel Campy et/ou Vincent Bichet, selon leurs disponibilités. Pour les scolaires, une visite guidée est proposée à chaque classe de 1^{ère} et de terminale, voire à des classes de degré primaire ou secondaire (Fig. 5).

L'exposition est souvent prolongée par une conférence grand public (40 à 250 personnes ; Fig. 6). Une sortie sur le terrain, d'une journée, est organisée, selon la demande ; elle s'applique à présenter des particularités de la géologie locale et réunit les amateurs et naturalistes locaux. Cette sortie a lieu en général au cours de la durée de l'exposition.



Fig. 4 : Présentation de l'exposition à Poligny (2010). Au premier plan, moulage de la patte du Platéosaure de Poligny (réalisé par Pierre Bigler dans le cadre du projet Interreg *Sur la piste des dinosaures jurassiques du massif du Jura*) et panneau correspondant. Cliché : Alain Tournier.

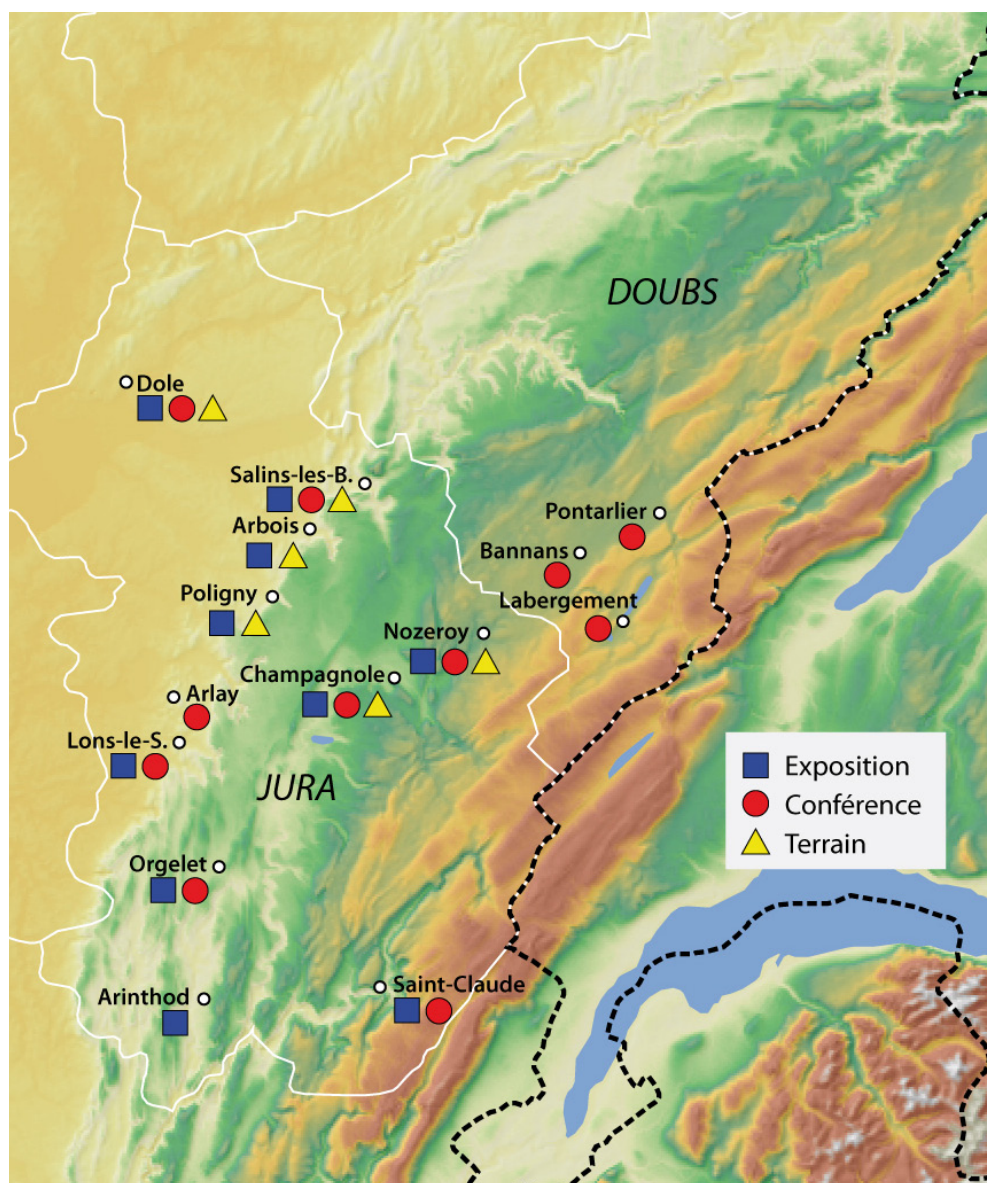


Fig. 5 : Carte des actions conduites de 2008 à 2010. Infographie : Vincent Bichet.

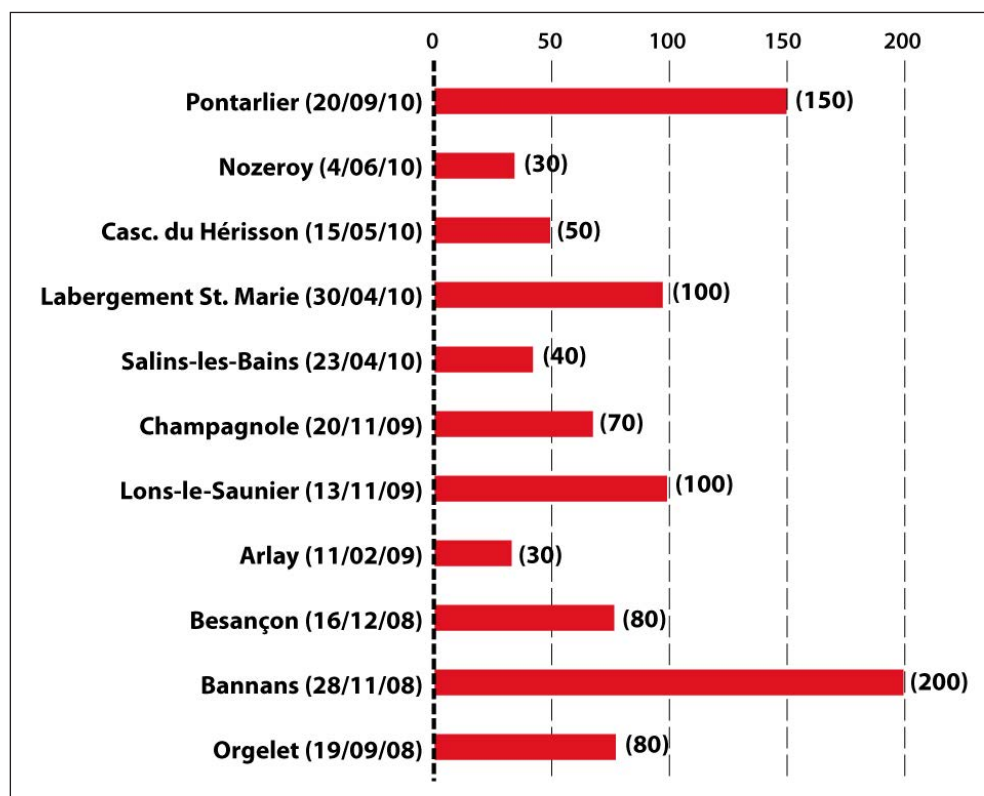


Fig. 6 : Fréquentation des conférences. Infographie : Vincent Bichet.

Autres formes de médiation

Indépendamment de l'exposition, de nombreuses conférences ont été données par les auteurs de l'ouvrage, par exemple le 19 septembre 2008 à Orgelet (Jura), à la Maison de la Réserve à Remoray (Doubs) le 30 avril 2010 ou encore à la Maison des cascades du Hérisson (Jura) le 15 mai 2010, pour n'en citer que quelques-unes.

Pendant l'été 2010, dans le quotidien *Les Dépêches-Le Progrès*, Michel Campy a proposé une contemplation réfléchie du Jura et de ses roches dans une série d'articles destinée à poursuivre la découverte de la géologie de la région, dans le même esprit que l'ouvrage *Montagnes du Jura*. Chaque article de cette série d'une dizaine de thèmes développait un concept à partir d'un paysage ou d'une observation de terrain. La présence à des salons comme les Talents comtois à Besançon en novembre 2010 est une autre occasion d'aller à la rencontre du public. Chaque manifestation est aussi l'occasion, en retour, de promouvoir l'ouvrage *Montagnes du Jura*.

Perspectives

Pour le seul département du Jura, on peut estimer qu'environ 10'000 personnes ont été touchées par l'une ou l'autre de ces actions depuis la sortie de presse du livre *Montagnes du Jura* de septembre 2008 à mai 2010. La réussite de cette opération originale souligne la forte attente du public en matière d'éducation et d'ouverture à la géologie, science souvent peu valorisée lors des actions de sensibilisation à l'environnement. Sans l'implication très forte des auteurs de l'ouvrage, notamment Michel Campy, il n'aurait pas été possible de lancer un tel projet ni d'en maintenir l'attractivité.

De nouveaux partenaires s'intéressent à cette exposition qui, fondée sur un ouvrage de référence, constitue un support idéal pour dynamiser l'offre en matière de tourisme environnemental. Ainsi, le Parc naturel régional du Haut-Jura et le Centre permanent d'initiatives pour l'environnement du Haut-Jura souhaitent-ils désormais s'associer à la démarche des auteurs et du Conseil général du Jura pour développer des propositions complémentaires, adaptées à leur territoire.

Bibliographie

- Bichet V., Campy M. (2008). *Montagnes du Jura. Géologie et paysages*. Besançon, Néo-Editions (rééd. 2009 et 2010), 304 p.
- Campy M., Hantzpergue P., Mazin J.-M. (2009). *180^e anniversaire du Jurassique. Excursion géologique 18 octobre 2009*. Château-Chalon, Mèta-Jura Editions (meta.jura@laposte.net), 44 p.
- Découvrir le patrimoine géologique de la France* (2008), Géosciences, n° 7/8, BRGM éd.
- Hantzpergue P., Bichet V. (2007) (dir.). *Jurassique... Jura. Métamorphoses d'un paysage*. Lons-le-Saunier, Centre Jurassien du Patrimoine et Porrentruy, Société jurassienne d'Émulation. Trilingue, 112 p., avec DVD de Jean-Luc Bouvret, *Sur la piste des dinosaures jurassiens*, (cjp.39@orange.fr).

Webographie

www.lejurassique.com
www.juramusees.com

L'exposition « *Montagnes du Jura. Géologie et paysages* » est mise à disposition gratuitement par le Conseil général du Jura. Pour connaître le planning de circulation, les conditions de mise à disposition ou la réserver, contacter Marie-Jeanne Roulière-Lambert (mjlambert@cg39.fr et juramusees@cg39.fr) : 00 33 (0)3 84 87 42 91).

Active geomorphosites and educational application: an itinerary along Trebbia River (Northern Apennines, Italy)

Irene Bollati ¹
Manuela Pelfini ¹
Luisa Pellegrini ²
Alessandra Bazzi ¹
Gabriele Duci ²

¹ Earth Science Department "A. Desio"
Università degli Studi di Milano
Via Mangiagalli 34
I – 20133 Milan

² Earth Science Department
Università degli Studi di Pavia
Via Ferrata 1
I – 27100 Pavia

E-mails:

irene.bollati@unimi.it
manuela.pelfini@unimi.it
luisa.pellegrini@unipv.it
alessandra.bazzi@gmail.com
gabriele.duci@dst.unipv.it

Introduction

Landscape evolution and Earth surface modelling processes have been studied in depth by geomorphologists for a very long time. More recently, the introduction of the *geomorphosite* concept (Panizza, 2001; Reynard et al., 2009), and in particular of *active geomorphosites* (Reynard, 2004), allowed the application of traditional geomorphological investigations to the connected evolution of natural and cultural heritage (Panizza & Piacente, 2003; Bollati & Pelfini, 2010). Among the features considered during the evaluation of geomorphosites, the educational value can be considered as qualifying the scientific attribute of the geomorphosite (Panizza & Piacente, 2003). Studies on geomorphological processes involving geomorphosites and cultural heritage in a broad sense (Panizza & Piacente, 2003) also allow the dissemination of scientific results into educational frameworks.

The growing attention to this educational aspect is documented by a lot of initiatives dedicated to the introduction of young people and scholars in particular to the natural environment and Earth sciences (e.g. De Waele, 2010 for karst environments and speleology). Moreover, field activity has been recognized as being very important for acquiring knowledge (Boyle et al., 2007) and for a comprehension of the interactions between geomorphological processes, human activities and vegetation presence and dynamic (Davis, 2002; Garavaglia & Pelfini, 2011).

The physical landscape is often considered by young students a boring topic with subjects deeply separated from one another and not connected with the biological world. Often the landscape is considered as immutable in time, and its history and evolution correspond to abstract concepts that appear difficult to understand. A frequent problem regards the comprehension of the “time” concept: in the same spatial dimension, structures deriving from an evolution during both millions of years (e.g. tectonic windows, morphoselected reliefs) and few years (i.e. fluvial, gravity processes) can in fact be present.

At present many strategies are being experimented in order to encourage students to really understand the landscape, including: the analysis of the landscape in movies (Di Palma, 2009), virtual globes and online digital terrain databases (Allen, 2007), field and laboratory workshops in specific environment like coastal areas (Ellis & Rindfleisch, 2006) and desert environments (Stumpf et al., 2008).

These are only some examples demonstrating how field activity is an important instrument for divulging scientific knowledge among students, for developing the ability to observe landscape as a consequence of its interaction with the affective domain (Boyle et al., 2007), and also its implication with disabled students (Hall et al., 2004; Garavaglia & Pelfini, 2011).

Moreover fieldwork along trails facilitates the study of geomorphological processes, the comprehension of how they can represent hazards and risks (Bell, 1998; Pelfini et al., 2009), how they can undergo severe modifications, and how landforms can be classified as “geomorphosites”.

In this sense, the number of thematic trail proposals is growing. In many tourist areas, several traditional trails have been recently transformed into thematic paths in order to satisfy a growing interest toward both the landscape and its evolution and the response of the biotic and abiotic systems to the climatic change (Garavaglia et al., 2010), including educational implications. Hiking trails and geomorphological thematic itineraries are becoming an instrument for educational field activities too, often accompanied by naturalistic guides and geotourist maps.

In many cases, fieldwork may be accompanied by laboratory activities that simplify natural processes. Pelfini et al. (2010) proposed, for example, a simple laboratory experience regarding the transformation from clean glaciers to debris covered glaciers and for the comprehension of the consequence for the glacier evolution, which passes through complex physical processes that are difficult to be understood by students from secondary schools.

Based on these considerations, this paper presents the results of a educational project ("A flight into time through the landscape"), tested in a secondary school of first level (age of pupils: 13 years). The main aims were: i) to find a strategy to obtain awareness of the concept of temporal landscape evolution; ii) to test with pupils the efficacy of field and laboratory activities for the comprehension of dimensional (space) and temporal (time) scale of the geological and geomorphological processes.

In more detail, the goal was to find strategies for the comprehension of i) the concepts regarding mountain origin and palaeogeography, ii) fluvial modelling processes and methods for reconstructing the recent fluvial history, iii) relationships between geology/geomorphology and vegetation, and last, but not least, iv) the relationship between human settlements and landform evolution.

Study area

The Trebbia River, located in the North-western Apennines, is one of the right Po tributaries, flowing from SW to NE, through the Liguria and Emilia Romagna Regions (Fig. 1a). The selected area is characterised by important geological features inherent to the formation of the Apennine range, and by the evident interaction of geomorphological processes with the lithologic and structural substrate features, as well as landforms that are very representative of the processes they were generated by. In this sense, the different times of evolution of Earth surface elements are marked. The connection of cultural elements with geomorphology is, in addition, very evident.

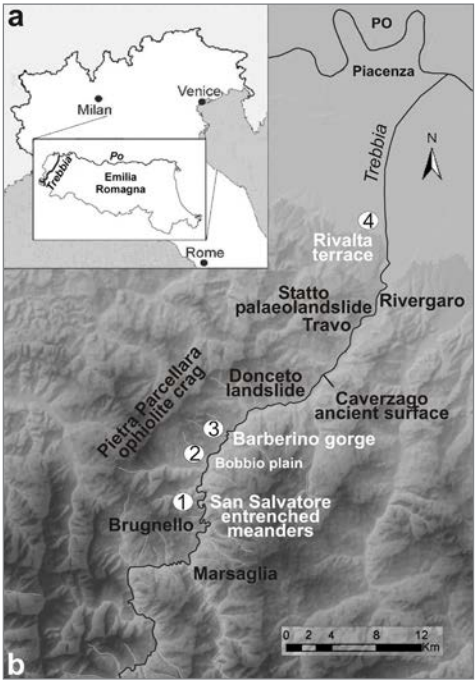
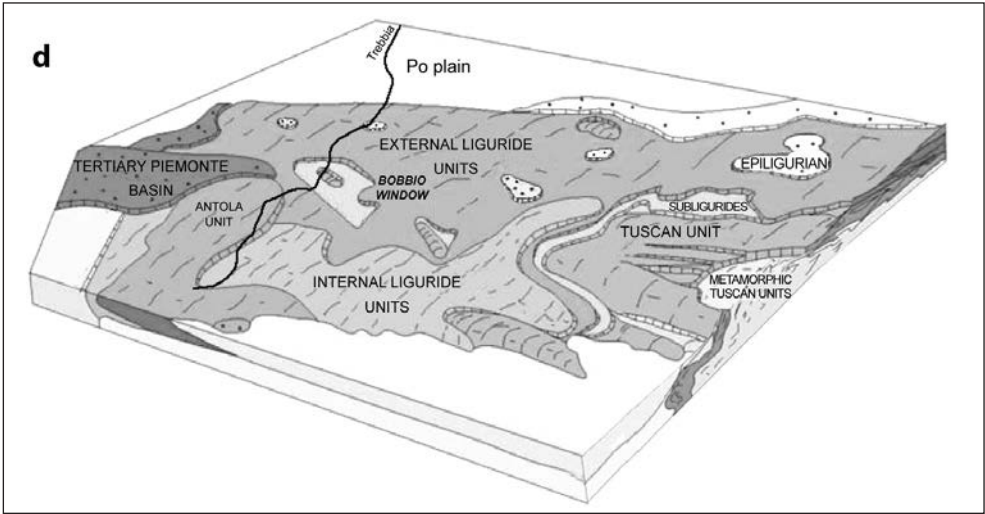
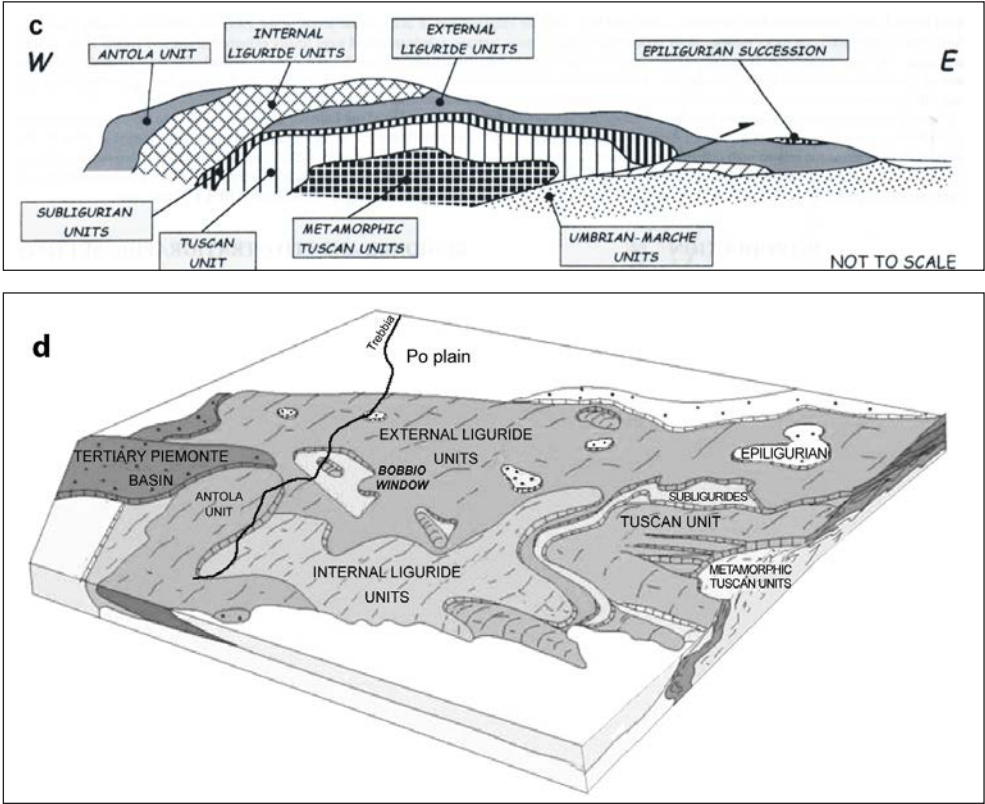


Fig. 1: Location and geological settings of the study area. a) Geographical location of North-western Apennine; b) DEM of Trebbia Valley showing the investigated fluvial reach from Marsaglia to the Po confluence (Piacenza, Emilia Romagna) and the individuated geomorphosites (numbers 1-4); c) Schematic cross section of the Northern Apennine (from Marroni et al., 2002); d) Block diagram of Northern Apennine (modified from Zanzucchi, 1994).



Stop	Topics	Field material	Accessibility
San Salvatore meanders	Geological and tectonic history of the area (geologic time concept); sandstone and shales; outcrops in the Bobbio tectonic window and their relationship with the landforms; palaeogeography of the area and its evolution towards the formation of the entrenched meanders; erosion-deposition dynamic through the observation of a point bar (geomorphological time concept); lithologies of the cobbles forming the point bar in relation to the drainage basin; observation of remnants of ancient human settlements in relation with the fluvial landscape.	X	On foot
Bobbio town and Ponte Gobbo	Modifications of the Ponte Gobbo over centuries in relation to the river-bed changes and the legends associated with the bridge modifications; role of folk tales in reading the landscape modifications.		By bus
Barberino gorge	Relationship between outcrops of hard ophiolites (geology) and the fluvial morphology (geomorphology); the particular vegetation (botany) growing on ophiolites (geology).	X	By bus
Rivalta castle and the lower Trebbia river	Guided excursion to the castle; relation between the river position and place names of the Rivalta village through the observation of braided reach and associated landforms from the castle (geomorphological time concept); dendrogeomorphology application to a flood plain (geomorphology).	X	By bus

Table 1: One-day educational trip proposed to a secondary school. The topics regarding each stop are illustrated; the availability of field material and accessibility for each stop are indicated.

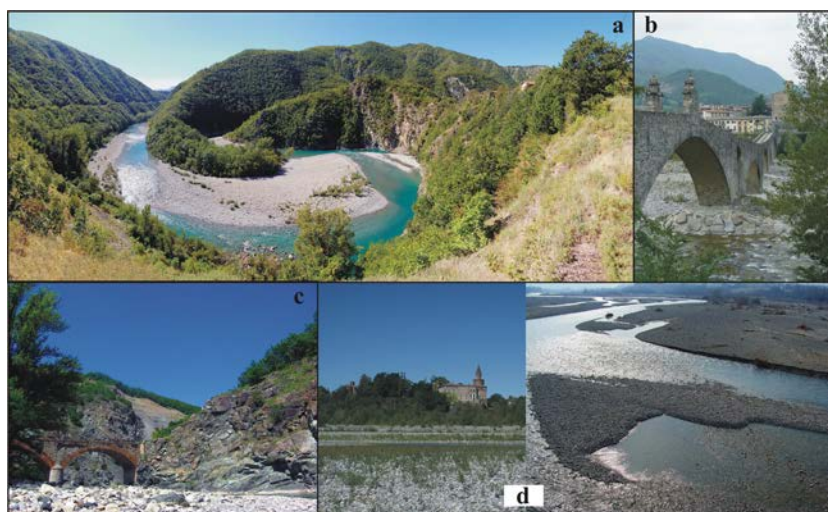


Fig. 2: The four steps of the educational itinerary. a) San Salvatore entrenched meanders (photo: G. Duci); b) Ponte Gobbo at Bobbio village (photo: L. Pellegrini); c) Barberino gorge (photo: A. Bazzi); d) Rivalta Castle and braided reach of Trebbia from Tuna Bridge (photos: L. Pellegrini and I. Bollati). For location, see Fig. 1b.

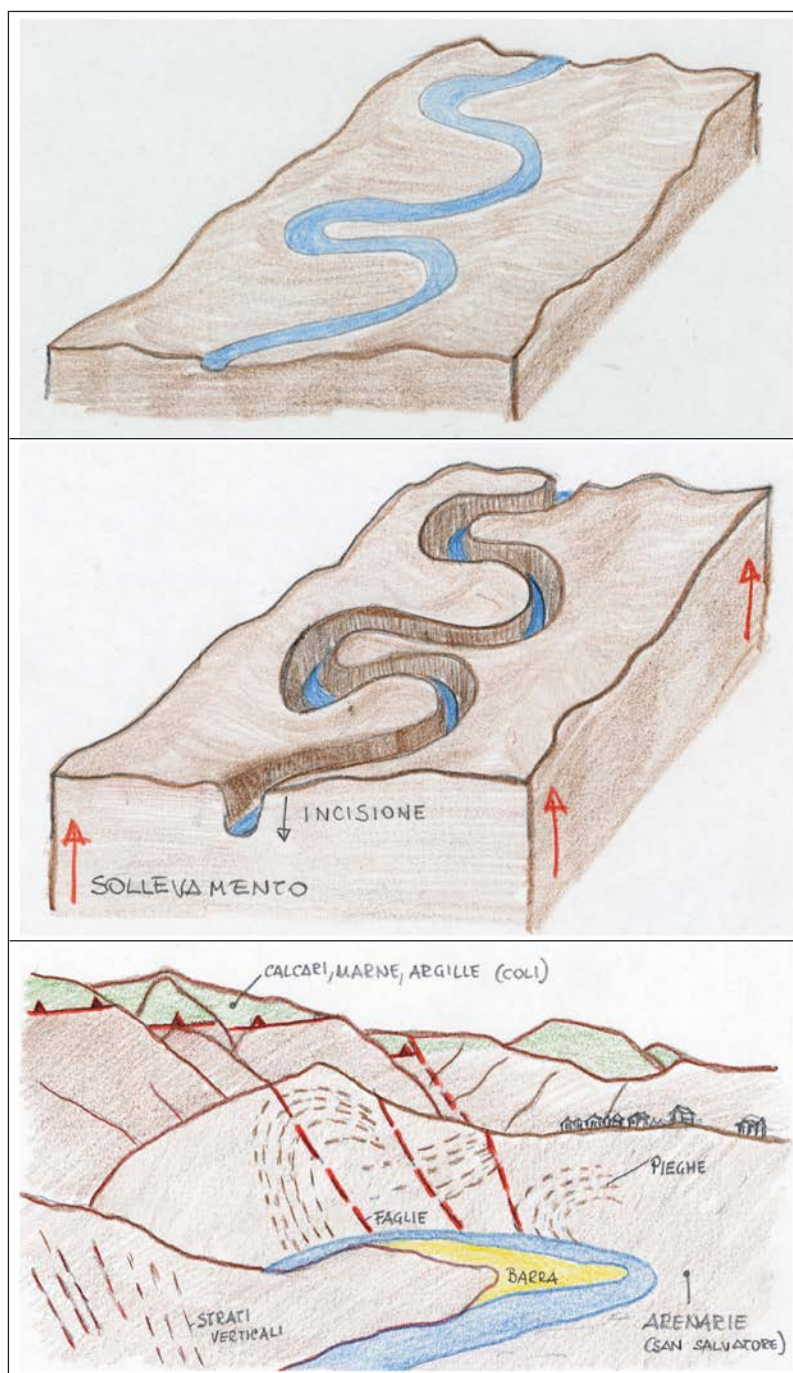


Fig. 3: Example of supporting material prepared for students to be used during the fieldtrip. This one regards the formation of entrenched meanders at San Salvatore (by L. Pellegrini).

The structure of the project

The educational project was planned including classes and laboratories and a one-day fieldtrip in order to investigate the contribution of these activities to the comprehension of landscape evolution. Tests were structured before and after the experience to verify its efficiency. The project was focused around the Trebbia Valley and its evolution through time.

The educational project was developed in collaboration with a secondary school. Two classes were involved in the project: one class (Class 1) experienced lessons on a specific programme, laboratories, fieldtrip and fieldwork, while the second one (Class 2) was involved in traditional lessons and in the field activities (Fig. 4).

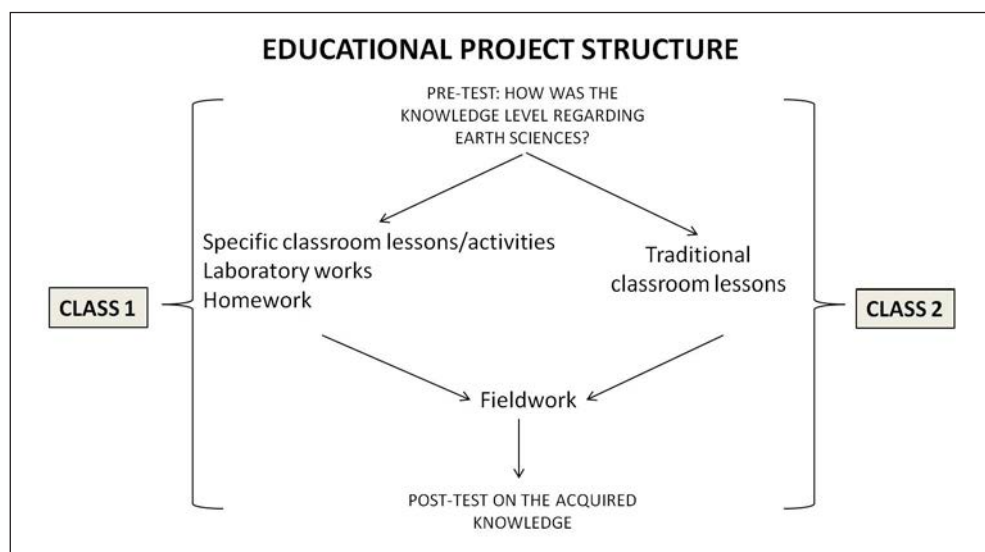


Fig. 4: Sketch of the educational project structure. Before the fieldtrip Class 1 participated in specific lessons integrated with laboratory activities while Class 2 only in traditional lessons about geological and geomorphological general themes.

The topics selected for the specific lessons in Class 1 were compatible with the regular school programme and were built around the Trebbia Valley's geological and geomorphological context. The lessons regarded: plate tectonics and rock classification, fluvial morphologies, and dendrochronological applications in a fluvial context. They were correlated with laboratory activities developed at the Dendrogeomorphology and Petrography laboratories (University of Milano, Earth Science Department "A. Desio").

A testing phase was planned before and after the experience in order to check the importance of both theory and practice (laboratory and fieldwork) in acquiring environmental knowledge. In particular, a pre-project evaluation test was formulated in order to check the previously acquired notions and whether they were erroneous or not. During the experience, homework regarding the discussed topics (fluvial pat-

terns, rocks cycle, dendrochronology dating method) was proposed and at the end a post-test concluded the experience (Fig. 4).

Results and discussion

The elaborated data derives from a sample of 41 students. The results of the students that did not follow the complete path of Class 1 or Class 2 were excluded from the data elaboration. The pre-tests (Fig. 5) aimed at individuating mis-knowledge about Earth science in general and they were formulated using very general questions regarding geology, geomorphology and dendrochronology topics. The results show a similar level of knowledge between Class 1 and 2 (Fig. 5a, b). Dendrochronology (98%) and geology (66%) questions obtained a higher number of right answers in respect to geomorphology (60%) (Fig. 5c). The question regarding dendrochronology was, in reality, concerning botanic concepts already approached by pupils. The open-ended questions (Fig. 5d) were kept separated because in these ones the students obtained the worst results: the maximum percentage of right answers was about 32 % (geology, class 1), very much less than the other questions. This is probably due to the fact that they had to write without the help of multiple choices.

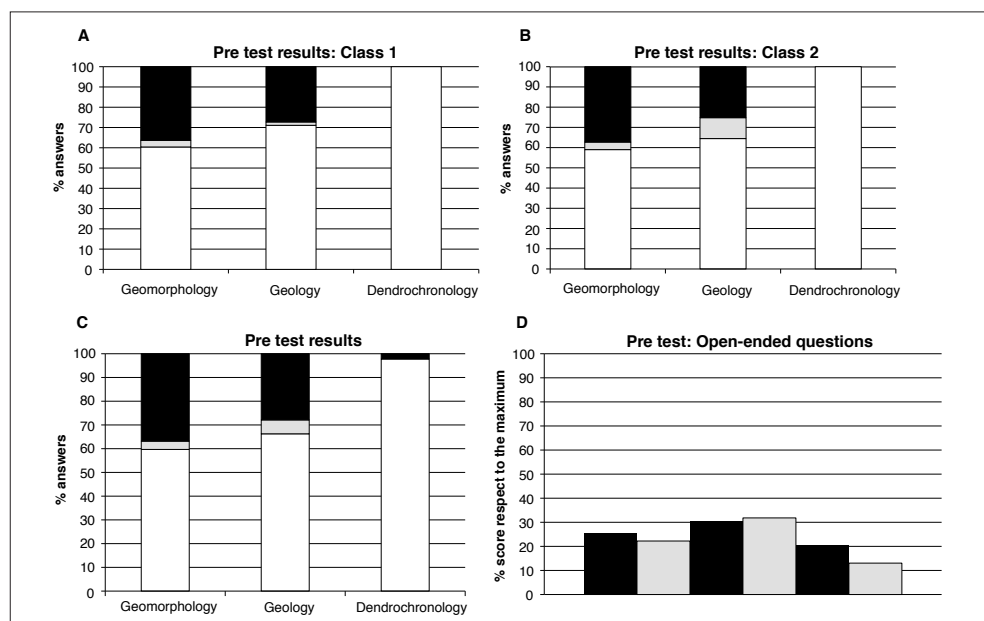


Fig. 5: Pre-test results on basic knowledge regarding Earth science. The results are subdivided by the topics (geomorphology, geology and dendrochronology). They are presented as percentages of various types of answers. a) percentage for Class 1; b) percentage for Class 2; c) percentage for both classes; d) open-ended questions results for both the classes. For figures a, b and c the answers are considered wrong (black), right (white) and no answer (grey).

Hereafter, laboratory activities, exercises and manual activities guided by a teacher, and homework for each topic were prepared on: i) geomorphological pattern of

rivers; ii) the cycle of the rocks; iii) dendrochronology application: dating a tree core.

The results of the homework are reported in Figure 6. The lessons on fluvial geomorphology, for example, improve the knowledge on the topic as demonstrated by the results showing that geomorphology obtains the highest percentage of right answers (83%). Geological topics resulted to be a hard topic especially concerning the cycle of the rocks object of the exercise (only 17.5% of right answers). This probably requires a greater abstraction ability.

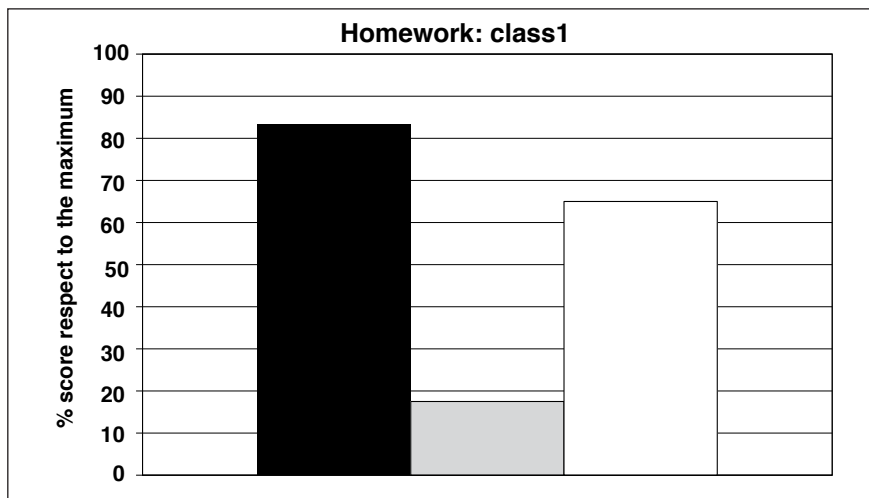


Fig. 6: Homework results. Geomorphology (fluvial course typologies; black), geology (rock cycle; grey) and dendrochronology (tree core measurements; white) results are illustrated. The most successful exercise is the recognition of geomorphological fluvial patterns. The greatest difficulties were found in the creation of an hypothetical rock cycle.

A post-test was proposed to both classes at the end of the field activities, and the questions regarded both basic knowledge of Earth science and observation and experimentation on the field. It was constituted by different types of exercise:

- filling in empty spaces with provided terms regarding fluvial modelling processes (erosion, transport and deposition) and landforms;
- identification of a rock sample;
- association of rock types with a genetic process;
- multiple choice question on the ophiolite concept; True / false questions on geology and dendrochronology;
- open-ended questions on dendrochronology, geomorphology and relation with human settlements.

Generally, the results show the importance of joining a guided tour with synthesis lessons to fix the knowledge and observation gained in the field.

As highlighted also in the pre-test results, the problem in managing geological concepts is evident. The most apparent difficulty during the post-tests regarded the

identification of samples of rocks. One of the most common errors concerned the distinction between the magmatic and siliciclastic rocks because of the similarity between the structure of magmatic rocks and texture of sedimentary ones that are composed respectively by minerals/grains. Both have been considered by young students as aggregates and it is not easy to distinguish between fractional crystallization and sedimentation/lithification genetic processes.

The most interesting improvement was obtained in geomorphology and especially in the integrated vision of geomorphology and geological settings and the relationship with human settlements (Fig. 7) (52 % to 74% of right answers). Especially good results were recorded in the comprehension of typologies of river courses and their relation with the outcropping lithologies that were exposed in fieldtrip stops 1, 2 and 3. The results are especially meaningful for Class 1, which attended the whole educational programme. Class 1 demonstrated better results in questions that were faced during the fieldwork thanks to the concepts acquired during the previous laboratory activities (Fig. 8), as in the case of *ophiolites*, where an overview on plate tectonics and the environmental origin of this kind of stones is desirable. In fact, Class 1 obtained a better result (85% of right answers) in respect to Class 2 (33%). In this way, the already explained concepts can be fixed during the fieldwork. Less contrasting but at the same time meaningful are the questions regarding lithological control on landforms (Class 1: 72%; Class 2: 60%) and dendrochronology (Class 1: 65%; Class 2: 48%).

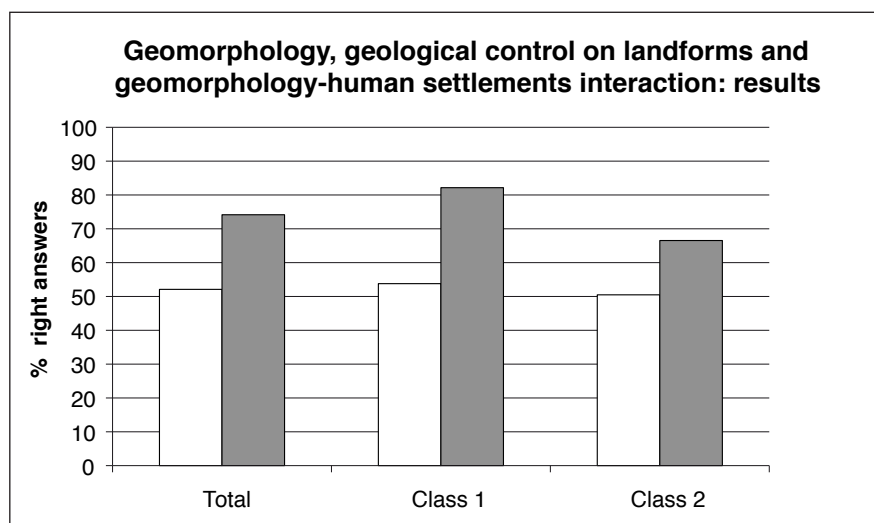


Fig. 7: The improvement in Earth science perception by the pre-test (white) to post-test (grey) results for Class 1 and Class 2. The results concern the questions regarding geomorphology (fluvial modelling processes, erosion, transport and deposition; San Salvatore and Barberino Gorge), geological settings (lithological control on fluvial landforms) and interactions and relations with human settlements (the case of Ponte Gobbo).

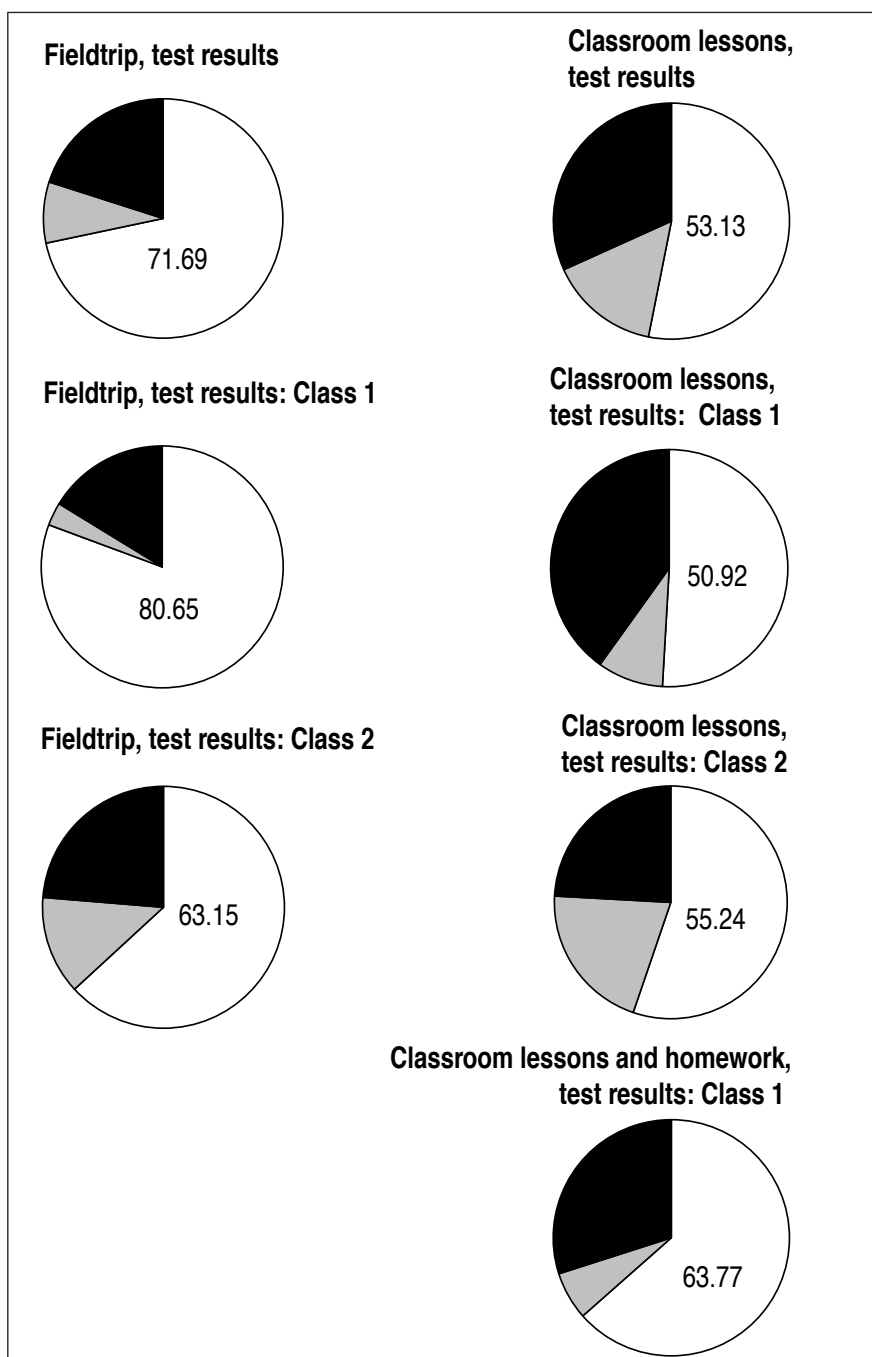


Fig. 8: Results of fieldtrip (left column) and lesson (right column) questions. The results are divided in questions that are pertinent to both fieldtrip and lessons. In addition they have been considered at first cumulatively for both the classes, and then they have been separated for Class 1 and Class 2, which followed different educational paths. The answers are considered wrong (black), right (white) and no answer (grey).

An “impressions” section was set to collect the comments about the experience. The most common note was the appreciation of the possibility of having a look at an on-going process, a concept that is inherent to active geomorphosites. In the specific case, the students demonstrated a great enthusiasm for the activities related to finding all the different pebbles on a fluvial bar in order to highlight the concept of provenance basin. These positive considerations must be related mainly to the possibility of “seeing with their own eyes” the product of geomorphological processes.

Conclusions

Scientific research continuously adds new information to the geomorphological knowledge of different landscape areas, contributing to supplying the basis for understanding phenomena and processes. In the field, geological, geomorphological and naturalistic elements are obvious only to expert eyes. Nevertheless, through simplifications and guided field observations it is possible to give a good scientific formation to different levels of audiences and arise in students an interest about landscape evolution.

The main aims of this project were to test the efficacy of an articulate programme comprehending classroom lessons, laboratory activities and fieldwork as tools for introducing young students to the concepts of time and spatial scales in the landscape evolution. Sites characterised by the presence of active geomorphosites and historical human settlements represent a suitable situation for educational purposes.

The Val Trebbia offers the possibility of working on active geomorphosites through a multidisciplinary approach. As emerged from the results of the tests, the coordination between classroom lessons, laboratories, class activities and fieldwork topics is a powerful tool for fixing ideas regarding Earth Sciences. In order to acquire a complete knowledge of a territory, and more in detail a global awareness of landscape elements and their reciprocal evolution, it appears that a whole educational path, with both classroom lessons and fieldwork, is indispensable. The fieldwork looks important in order to fix all the ideas already acquired in classes. The fascinating aspect of seeing with their own eyes the active processes and the material that the processes model was really appreciated by students, enhancing the role of fieldwork in arousing the interest in Earth science comprehension. As observed by Stumpf et al. (2008) concerning desert geomorphology, the learning results derived by real fieldwork reveal the deepest personal acquisition of knowledge among fieldtrip participants.

Acknowledgements

This research was co-funded by the National Project “Present and recent dynamics of river channels in Northern and Central Italy: evolutionary trends, causes and management implications”. The authors would like to thank PhD Valentina Garavaglia for the stimulating discussions on audience target and educational trails, Prof. La Licata (Director of the secondary school “De Gasperi-Galilei” in San Donato Milanese, Italy, Milan) and Prof. Cecilia Balducci for the collaboration in the educational project. The

Authors want to thank E. Reynard and the anonymous reviewers for the comments that helped to improve the paper.

References

- Allen T.R. (2007). Digital terrain visualization and virtual globes for teaching geomorphology. *Journal of Geography*, 106 (6), 253-266.
- APAT (2005). *Foglio 179 Ponte dell'Olio, Foglio 197 Bobbio*. Carta geologica d'Italia alla scala 1:50,000. S.El.Ca., Firenze.
- Bartolini C., Peccerillo A. (2002). *I fattori geologici delle forme del rilievo*. Bologna, Pitagora Ed.
- Bell F.G. (1998). *Environmental geology: Principles and practice*. Oxford, Blackwell.
- Bollati I., Pelfini M. (2010). Il paesaggio fisico italiano. Una varietà di geomorfositi di rilevante valenza per la ricerca scientifica e didattica. *Bollettino della Società Geografica Italiana*, Serie XIII, 3, 657-682.
- Bollati I., Pelfini M., Pellegrini L. (submitted). The importance of geomorphosites selection for touristic promotion and educational purposes. A proposal of a relational database application for evaluation and selection: a study case in Trebbia Valley (Emilia Romagna, Italy). *Geografia fisica e dinamica quaternaria*.
- Boyle A.P., Maguire S., Martin A., Milsom C., Nash R., Rawlinson S., Turner A., Wurthmann S., Conchie S. (2007). Fieldwork is good: the student perception and the affective domain. *Journal of Geography in Higher Education*, 31(2), 299-317.
- Davis R.L. (2002). The value of teaching about geomorphology in non-traditional settings. *Geomorphology*, 47, 251-260.
- De Waele J. (2010). Teaching resources in speleology and karst: A valuable educational tool. *International Journal of Speleology*, 39(1), 29-33.
- Di Palma M.T. (2009). Teaching geography using films: a proposal. *Journal of Geography*, 108(2), 47-56.
- Ellis J.T., Rindfleisch P.R. (2006). A coastal environment field and laboratory activity for an undergraduate geomorphology course. *Journal of Geography*, 105(5), 216-224.
- Garavaglia V., Pelfini M., Bollati I. (2010). Influence of climate change on geodiversity in the alpine environment: the case of two Italian glaciers investigated through dendrochronology. *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, 2, 153-164.
- Garavaglia V., Pelfini M. (2011). Glacial geomorphosites and related landforms: A proposal for a dendrogeomorphological approach and educational trails. *Geoheritage*, 3, 15-25.
- Hall T., Healey M., Harrison M.E (2004). Disabled students and fieldwork: discourses of exclusion and inclusion. *Journal of Geography in Higher Education*, 28(2), 255-280.
- Leopold L.B. (1969). Landscape aesthetics. *Natural History*, 78, 37-44.
- Marroni M., Molli G., Montanini A., Ottria G., Pandolfi L., Tribuzio R. (2002). The External Ligurian units (Northern Apennine, Italy): from rifting to convergence of a fossil ocean-continent transition zone. *Ofioliti*, 27, 119-131.
- Panizza M., Piacente S. (2003). *Geomorfologia culturale*. Bologna, Pitagora Ed.

- Panizza, M. (2001). Geomorphosites: concepts, methods and examples of geomorphological survey. *Chinese Science Bulletin*, 46, 4-6.
- Pelfini M., Diolaiuti G., Smiraglia C. (2009). Geomorfositi glaciali e turismo: evoluzione, pericolosità e rischi. Il caso del Ghiacciaio del Miage (Monte Bianco), Valle d'Aosta. In Coratza P., Panizza M. (eds). *Il Patrimonio geomorfologico come risorsa per un turismo sostenibile*. Mantova, SAP, 99-118.
- Pelfini M., Garavaglia V., Balducci C., De Paulis I. (2010). La strategia glaciale per la sopravvivenza al riscaldamento globale: la trasformazione dei ghiacciai bianchi (debris free glaciers) in ghiacciai neri (debris covered glaciers) per un approccio didattico applicato. *Ambiente Società Territorio. Geografia nelle scuole, Serie X(2)*, 11-15.
- Regione Emilia Romagna (2002). *Itinerari Geologico-Ambientali nella Val Trebbia - Bobbio, Coli, Corte Brugnatella, scala 1:30.000*. Firenze, S.E.L.C.A. Ed.
- Regione Emilia Romagna (2009). *Il paesaggio geologico dell'Emilia Romagna, scala 1:250.000*. Firenze, S.E.L.C.A. Ed.
- Reynard E. (2004). Géotopes, géo(morpho)sites et paysages géomorphologiques. In: Reynard E., Pralong J.P. (eds). *Paysages géomorphologiques. Université de Lausanne, Institut de Géographie. Travaux et Recherches*, 27, 124-136.
- Reynard E., Fontana G., Kozlik L., Scapozza C. (2007). A method for assessing scientific and additional value of geomorphosites. *Geographica Helvetica*, 62(3), 148-158.
- Reynard E., Coratza P., Regolini-Bissig G. (2009) *Geomorphosites*. München, Pfeil.
- Servizio Geologico d'Italia (1999). *Foglio 197 Bobbio. Carta geologica d'Italia alla scala 1:50,000*. Roma, Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato.
- Stumpf R.J., Douglass J., Dorn R.I. (2008). Learning desert geomorphology virtually versus in the field. *Journal of Geography in Higher Education*, 32(3), 387-399.
- Vercesi G.V. (2005). Plant ecology of ultramafic outcrops in the Northern Apennines (Piacenza Province, Italy). In Boyd R.S., Baker A.J.M., Proctor J. (eds). *Ultramafic rocks: their soils, vegetation and fauna*, Proceedings of the 4th International Conference on Serpentine Ecology, St. Albans, Herts, UK, Science Reviews 2000 Ltd, 157-160.
- Wiederkehr E., Dufour S., Piégay H. (2010). Localisation et caractérisation semi-automatique des géomorphosites fluviaux potentiels. Exemples d'applications à partir d'outils géomatiques dans le bassin de la Drôme (France). *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, 2, 175-188.
- Zanzucchi G. (Ed) (1994). *Guide geologiche regionali. Appennino Ligure-Emiliano*. Missaglia.

Les géosciences et les enfants de 3 à 6 ans : découvrir les cinq sens avec les pierres

Daniel Thurre
Joëlle Vaval

Muséum d'histoire naturelle de
la Ville de Genève
1 route de Malagnou
CP 6434
CH – 1211 Genève 6

E-mails:
daniel.thurre@ville-ge.ch
joelle.vaval@ville-ge.ch

In Reynard E., Laigre L. et Kramar N. (Eds) (2011). *Les géosciences au service de la société. Actes du colloque en l'honneur du Professeur Michel Marthaler*, 24-26 juin 2010, Lausanne (Géovisions n° 37). Institut de géographie, Université de Lausanne.

Introduction : la petite enfance au Muséum d'histoire naturelle de Genève

De nos jours, les musées sont considérés comme des lieux culturels attractifs, avec des missions allant bien au-delà de la simple conservation (Fauche et al., 2006). Preuve en est, la définition du musée adoptée en 2007 dans les statuts de l'ICOM (International Council of Museums) : « *Un 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* ». La montée en puissance de la médiation culturelle est également représentative de cette évolution : celle-ci sera inscrite dès 2012 dans la nouvelle loi sur l'encouragement de la culture et Pro Helvetia soutiendra désormais des projets d'envergure nationale.

Le Muséum d'histoire naturelle de Genève offre des prestations de médiation culturelle à tous les types de public. Depuis bientôt dix ans, et à l'instar d'autres institutions, il propose des ateliers thématiques aux tout jeunes enfants, avec un espace dévolu à ce public (Noé, 2003 : 240 ; http://www.ville-ge.ch/mhng/accueil_enfants.php). Cette institution prend ainsi une part active dans les phases d'apprentissage des tout petits. Avant l'âge de 7 ans, il y a une grande spontanéité et réceptivité : tout est découverte et les sens sont en éveil (Cabanes, 1996:3).

Pour relever le défi de l'intégration du très jeune public, le module dédié à la petite enfance (crèches et premiers degrés primaires) est élaboré désormais en partenariat avec la Délégation à la petite enfance de la Ville de Genève. Le site internet de cette dernière, dans son volet « éveil culturel et artistique », décline notamment ces trois objectifs :

- nourrir la sensibilité des enfants ;
- développer leur sens esthétique ;
- faciliter l'émergence de leur sens critique.

Durant deux années (2006 et 2007), l'atelier pour les 3 à 6 ans a porté sur des activités liées aux géosciences avec l'atelier « Découvrir les cinq sens avec les pierres ». Ce sont en tout 5170 enfants qui ont franchi le seuil du Muséum pour vivre cette expérience.

Cette catégorie d'âge ne sachant pas lire, ou étant en apprentissage de la lecture, cela implique une approche faisant appel avant tout à leur quotidien. L'univers des petits enfants est encore restreint et bien des repères manquent ; conséquemment, leur niveau d'abstraction est fortement réduit. Il s'agit donc de les amener concrètement à faire des découvertes en partant de leur vécu, de leurs expériences personnelles, d'induire certaines notions et d'élargir leur champ de connaissances. Cet article relate cette expérience particulière, à la fois pédagogique et ludique, illustrant les attentes de l'ICOM, à savoir « *un acte de médiation visant des fins d'études, d'éducation et de délectation* ».

L'atelier « Découvrir les cinq sens avec les pierres »

Comme l'indique le titre de l'atelier, l'objectif est, d'une part, d'amener les enfants à vivre une aventure géologique à travers le visuel, l'écoute et le toucher et, d'autre part, de leur faire découvrir les minéraux et les roches en organisant des parcours interactifs, afin de susciter leur émerveillement devant les collections minéralogiques exposées. On remarquera que c'est le terme « pierres » – qui leur est familier – qui est utilisé, au détriment de termes précis tels que « roches » ou « minéraux ». Nous faisons ainsi appel à leur référentiel, quelles que soient les inexactitudes.

La méthodologie globale s'articule autour de quatre pôles :

- créer une atmosphère conviviale dans laquelle l'enfant doit se sentir à l'aise et où l'expérimentation prend toute sa dimension pédagogique ;
- définir un cadre adapté où la nature et la portée de ce qui est donné à découvrir, à toucher, à sentir, à entendre et à voir prennent tout leur sens et arrivent à susciter la curiosité et l'admiration des enfants ;
- trouver un fil conducteur très clair où les enfants sont capables de se repérer à partir des matériaux présentés ; ceux-ci doivent illustrer d'une manière saisissante toute nouvelle forme d'apprentissage et d'approvisionnement, que ce soit en géologie, en zoologie, etc. ;
- présenter aux enfants des thèmes d'animation susceptibles de retenir leur attention et de les familiariser à cet environnement muséal. Le but est que tout un chacun puisse y participer, à son rythme. Cette approche est dans la lignée de la méthode élaborée par Maria Montessori (Montessori, 2004). Cette méthode est dite « ouverte » par rapport aux approches traditionnelles et se base sur l'observation de l'enfant qui conduit l'éducateur à avoir recours à des mots et à des gestes adaptés pour faciliter son apprentissage. Par ses principes philosophiques, psychologiques et pédagogiques, la méthode montessorienne a inspiré nos séances de médiation dans le sens qu'il est primordial que le matériel proposé et le milieu muséal offrent aux enfants le cadre approprié pour une première approche des sciences naturelles.

Une première partie de l'atelier se déroule dans un espace mi-clos, adapté à la dimension du groupe, et une seconde partie se passe dans les expositions (Fig. 1). La durée d'une animation destinée aux plus petits est de quarante-cinq minutes au maximum, leur capacité de concentration étant réduite (Cabanes, 1996 : 3). En fonction de cette période, l'animation est conçue en différentes phases relatives au contact, à l'écoute, à la concentration, aux échanges, à l'expérimentation et au mouvement. Ces phases ne durent que quelques minutes. En favorisant l'échange, nous apportons notre expertise et nos connaissances, tout en étant à l'écoute de celles des enfants. Par ailleurs, nous n'oublions pas que ces derniers savent observer, souvent mieux que les adultes. Aussi, la participation active des tout petits à ces échanges crée dans ces animations un dynamisme particulier, également source d'enseignements pour le médiateur.



Fig. 1 : Les enfants dans l'exposition « L'aventure de la Terre ». Cliché : Philippe Wagneur, Muséum de Genève.

A l'occasion des animations « Découvrir les cinq sens avec les pierres », l'expérience nous a permis d'explorer différents moyens d'appréhender, d'interpréter, de vulgariser et de représenter dans l'imaginaire des enfants le monde minéral, à la fois si concret et si abstrait pour eux. Voici quelques exemples représentatifs de leur référentiel, notés au fil des ateliers : « *le gypse ressemble à des lunettes sales ; le calcaire fétide sent mauvais comme l'œuf pourri ; le rhume est aussi salé que le sel cristallisé ; le sel cristallisé a la couleur des crevettes ; la pierre ollaire ressemble à du savon...* ». Ces petites perles nous ont guidé dans la gestion des ateliers.

La géologie et les enfants : un défi ?

Dans cet atelier particulier, les roches et les minéraux prennent donc toute leur importance pour expliquer aux enfants la fonction de chaque sens, les sensibiliser, les interpeller et les amener à une prise de conscience. Ce sont l'intérêt et l'éveil qui vont amener à la connaissance. En plongeant dans l'univers des minéraux, cette animation leur fait découvrir des sons et des odeurs jusque là insoupçonnés, ainsi que des formes, des dimensions et des couleurs d'une variété incroyable.

A leur curiosité, il faut répondre de manière interactive. Par exemple, à l'aide d'un xylophone en ardoise (Fig. 2), ils ont l'occasion de découvrir par eux-mêmes les sons des plus graves aux plus aigus. C'est une expérience qui les marquera plus que tout discours.

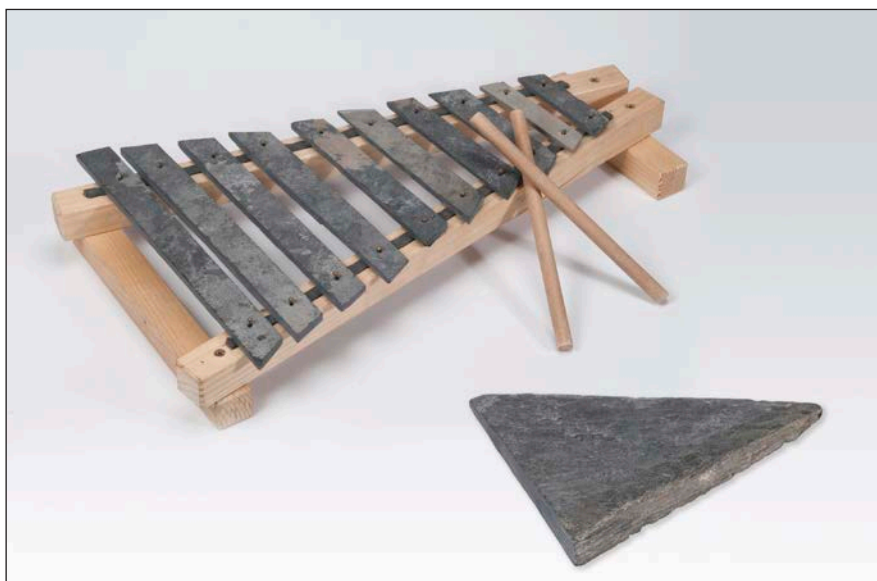


Fig. 2 : Xylophone en ardoise. Cliché : Philippe Wagneur, Muséum de Genève.

En alliant le monde minéral et les cinq sens, notre stratégie a consisté à amener les enfants à prendre en compte leur pratique quotidienne, leurs expériences de vie et leur environnement. L'apprentissage, basé sur des matériaux concrets, ainsi que l'expérimentation font à nouveau appel à la méthode Montessori (Standing, 1995) qui démontre que l'apprentissage doit organiser l'enseignement de façon à respecter les rythmes de l'enfant et ses particularités individuelles dans un milieu donné. Elle fait valoir ainsi une progression par cycle pour l'éducation des enfants. Partant de cette logique, il est donc primordial que le matériel proposé et le milieu muséal offrent aux enfants le cadre approprié pour une première approche des sciences naturelles (Fortin-Debart, 2003). Lors de cet atelier-découverte, les questions ne manquent pas ; nous nous devons de répondre de manière simple, sans jugement, amenant l'enfant à poursuivre sa propre réflexion. Pour ne pas parler en termes techniques, nous utilisons dans nos séances de médiation des matériaux simples et attractifs à partir desquels l'enfant peut acquérir des notions scientifiques.

Conclusion

La culture scientifique n'est pas uniquement réservée aux adultes, et des motivations se découvrent dès le plus jeune âge, période privilégiée pour l'apprentissage. Un facteur dont il faut tenir compte dans ce contexte est celui d'un nouveau lieu à découvrir pour eux, qui peut être facteur de stress. Si le musée doit apprivoiser les enfants, les enfants eux-mêmes doivent s'approprier le lieu. Ils ne sont ni à la crèche, ni à l'école ! (Cohen, 2000 : 194-195).

La mission du médiateur culturel, considéré comme un expert (l'adulte qui sait) par son jeune public, consiste à donner un sens à la visite que les enfants vont faire, avec pour objectif de leur faire assimiler une ou deux notions qui feront dès lors partie de

leur bagage de connaissances. Le médiateur est, dans ce contexte, un éveilleur de conscience. Il a pour outils sa maîtrise de la matière à présenter, sa créativité, ainsi que des éléments relais, supports matériels qui vont permettre une découverte concrète, au-delà des mots, et ainsi satisfaire la curiosité des enfants. Cette approche cognitive, nous l'avons montré, se doit d'être ludique et vivante pour toucher sa cible.

La présente contribution, relation d'une expérience réussie, veut montrer qu'en partant de la curiosité naturelle des enfants, avec de l'imagination et de la créativité, on parvient à la construction de nouveaux savoirs chez son interlocuteur, quel que soit son âge.

Bibliographie

- Cabanes N. (1996). Le bel âge. Les enfants de moins de 7 ans dans les musées. *La Lettre de l'OCIM*, 43, 3-5.
- Cohen C. (2000). *Quand l'enfant devient visiteur : une nouvelle approche du partenariat Ecole / Musée*. Condé-sur-Noireau, L'Harmattan.
- Fauche A., Pont J., Vallet F. (2006). Pour un musée au service de la société et de son développement. *La Lettre de l'OCIM*, 105, 19-27.
- Fortin-Debart C. (2003). Typologie des approches éducatives de l'environnement au sein des musées de sciences. In Girault Y. (dir.). *L'accueil des scolaires dans les Muséums*, Condé-sur-Noireau, L'Harmattan, 51-83.
- Montessori M. (2004). *L'enfant*. Paris, Desclee de Brouwer (1^{ère} éd. 1936).
- Noé F. (2003). La prise en compte du jeune public dans les musées de sciences naturelles. In Girault Y. (dir.). *L'accueil des scolaires dans les Muséums*. Condé-sur-Noireau, L'Harmattan, 227-256.
- Standing E. M. (1995). *Maria Montessori, sa vie, son œuvre*. Paris, Desclee de Brouwer.

Webographie

- Muséum de Genève: http://www.ville-ge.ch/mhng/accueil_enfants.php (consulté le 16 juin 2011).

Le géotope du Vieux Emosson (Finhaut, Valais, Suisse)

Danielle Decrouez
Lionel Cavin

Muséum d'histoire naturelle
de la Ville de Genève
1 Route de Malagnou
CH – 1208 Genève

E-mails:
danielle.decrouez@ville-ge.ch
lionel.cavin@ville-ge.ch

In Reynard E., Laigre L. et Kramar N. (Eds) (2011). *Les géosciences au service de la société. Actes du colloque en l'honneur du Professeur Michel Marthaler*, 24-26 juin 2010, Lausanne (Géovisions n° 37). Institut de géographie, Université de Lausanne.

Introduction

Dans le vallon du Vieux Emosson (coordonnées : 46°02'56 N, 6°53'04 E, 2400 – 2410 m d'altitude), sur la commune de Finhaut (Valais, Suisse) se trouve un gisement paléontologique remarquable qui présente un grand nombre d'empreintes de pieds de reptiles triasiques relativement bien conservées (environ 800 sur 350 m²). Ce site a été protégé par arrêté du Conseil d'Etat du Canton du Valais en date du 9 novembre 1983, puis reconnu par l'Académie suisse des sciences naturelles comme géotope d'importance nationale en 1996.

Sa découverte date du 23 août 1976 par Georges Bronner, un spécialiste des socles africains, de l'Université de Marseille. Cette année-là, une partie de la dalle avait été mise à jour (pour la première fois ?) car la canicule et la sécheresse avaient entraîné la fonte partielle du névé qui recouvrait en permanence le fond du vallon, comme en témoignent les cartes topographiques des années 1970. Depuis l'été 1976, la dalle est souvent dégagée de la mi-juillet à la fin du mois d'octobre. Cependant, il peut arriver que la période de déneigement soit plus courte ou plus longue.

Dans cet article, nous présentons l'importance pédagogique du site du Vieux Emosson et nous discutons les choix adoptés pour sa mise en valeur auprès d'un public de randonneurs.

Le géotope du Vieux Emosson

Le contexte géologique

La dalle à traces de « dinosaures » fait partie de la couverture autochtone du massif cristallin externe des Aiguilles Rouges (domaine helvétique, Fig. 1 et 2).

Sur un socle gneissique profondément altéré se succèdent en transgression des grès conglomératiques, des grès calcaires ou quartzitiques, des grès avec des argilites vertes et jaunes, des argilites rouges, des dolomies jaunes avec des argilites rouges et vertes, des cornieules et des dolomies jaunes et, enfin, des dolomies grises. La dalle à traces de reptiles se trouve vers le sommet des grès quartzitiques. Les dimensions des traces varient entre 10 et 20 cm, avec une profondeur qui peut atteindre 5 cm (Fig. 3).

L'ensemble socle/couverture plonge de 30° à 80° vers le nord-ouest. Des ondulations affectent les bancs de grès et des replis déforment les niveaux d'argilites.

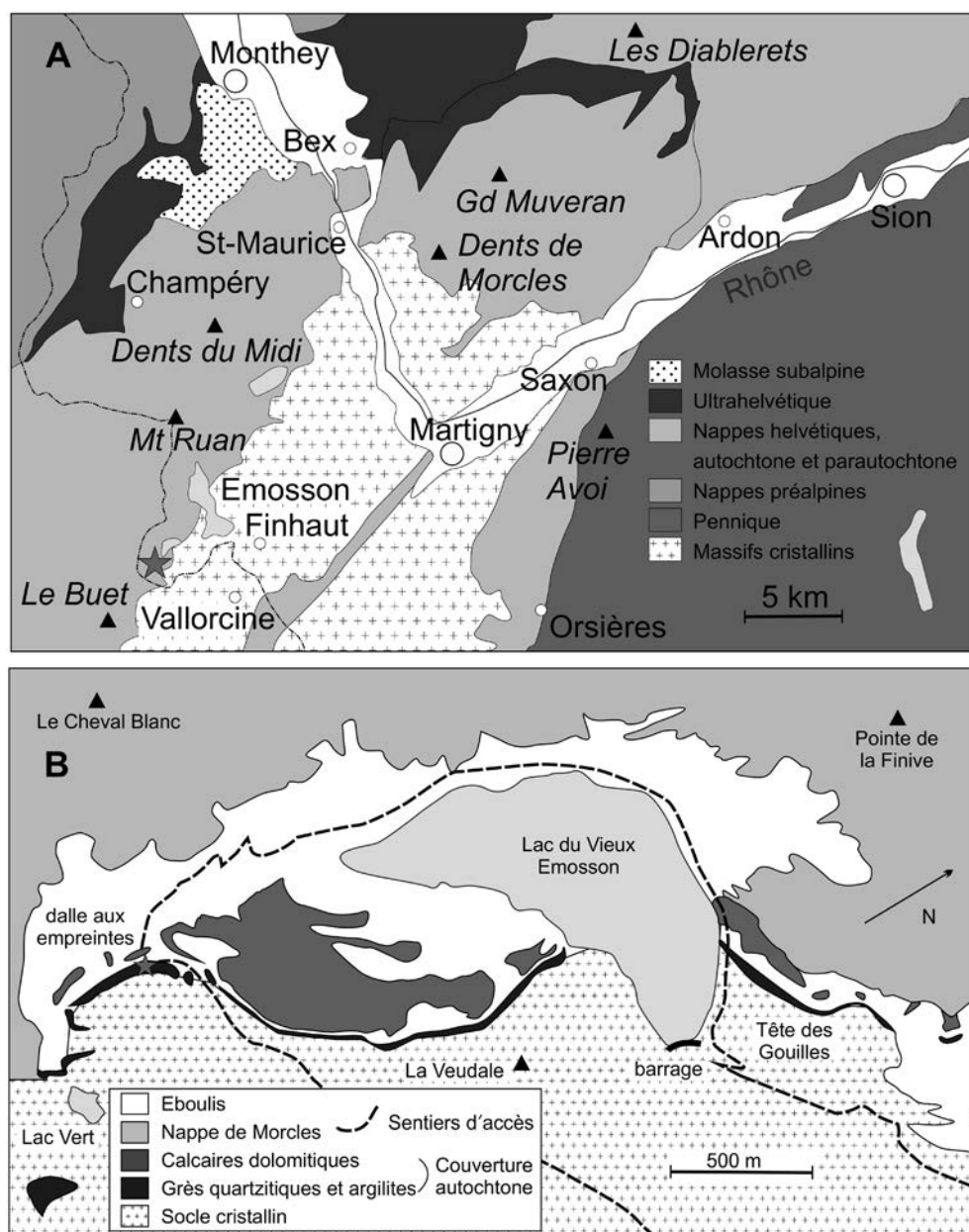


Fig. 1 : A. Localisation du site du Vieux Eymosson (étoile) dans le contexte géologique régional. B. Détail montrant la position du site (étoile) dans la couverture autochtone du massif cristallin des Aiguilles Rouges. Carte géologique modifiée d'après Amberger (1960).



Fig. 2 : Vue depuis l'extrémité sud du lac du Vieux Emosson montrant le socle cristallin des Aiguilles Rouges, la couverture autochtone contenant la dalle à traces de reptiles et la nappe de Morcles. Cliché : Philippe Wagneur, Muséum Genève.

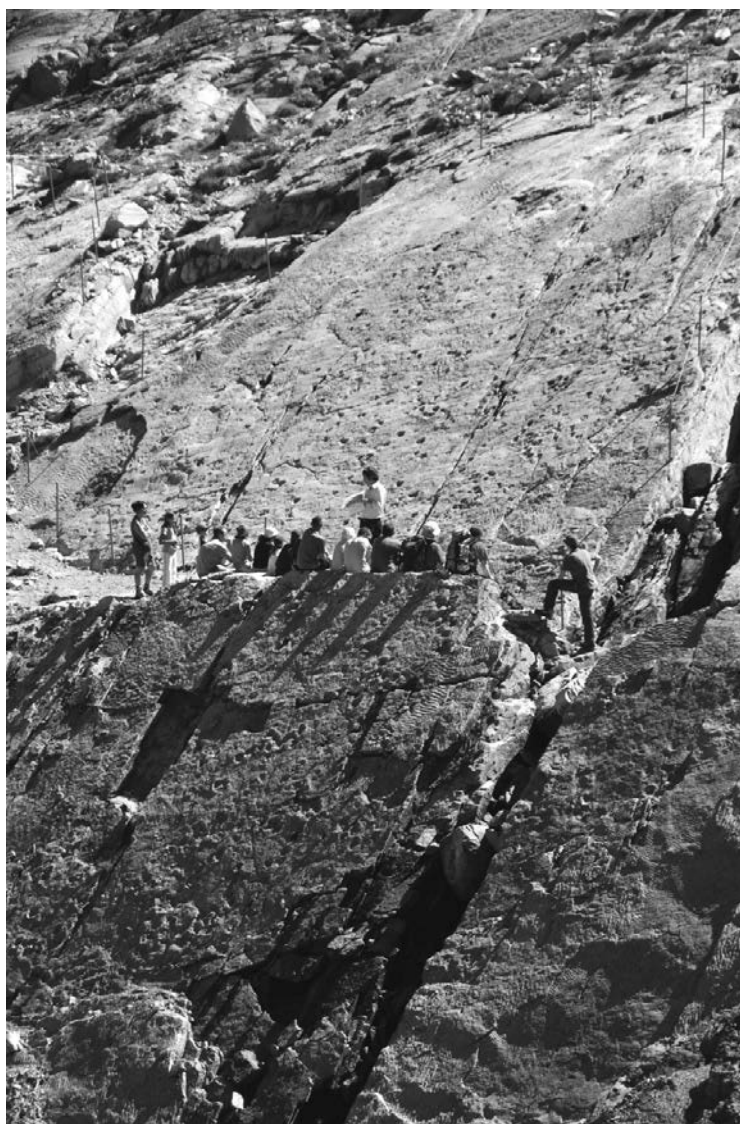


Fig. 3 : Vue de la dalle aux traces de reptiles lors d'une visite en août 2009.
Cliché : Philippe Wagneur, Muséum Genève.

Les traces de reptiles

Neuf types d'empreintes, soit neuf espèces animales distinctes susceptibles de les avoir laissées, ont été identifiés par Demathieu & Weidmann (1982).

Selon cette première étude, les auteurs des traces sont des dinosaures primitifs et d'autres reptiles. La longueur totale moyenne des animaux qui ont laissé ces

empreintes est estimée entre 3 et 7 m pour un poids d'environ 300 à 400 kilos. Et la présence de véritables dinosaures indique un âge de 229 millions d'années (Ladinien-Carnien), correspondant aux plus anciens dinosaures connus alors.

La découverte en 2008 d'une petite piste d'*Isochirotherium* (Avanzini & Cavin, 2009) remet en question l'âge du site en le vieillissant de 15 millions d'années. Ainsi, aujourd'hui, deux questions essentielles se posent :

- quel est l'âge réel des empreintes ? Pour y répondre, il faut trouver dans les roches des fossiles marqueurs (animaux ou végétaux caractéristiques d'une période géologique), tels que des micro-organismes ;
- les traces ont-elles été faites par des dinosaures ou par d'autres reptiles comme le pensent déjà les paléontologues ? Les réponses se trouvent dans une nouvelle étude des empreintes de la dalle à la lumière des connaissances actuelles.

Mise en valeur touristique

Un site sans panneaux explicatifs

Habituellement, sur les sites qui présentent un intérêt scientifique, historique ou autre, des panneaux explicatifs sont installés. Cette solution n'a pas été retenue au Vieux Emosson. Le transport des panneaux (leur mise en place et leur enlèvement dès l'arrivée de la neige) exigerait des moyens considérables, comme par exemple l'intervention d'un hélicoptère. Et d'ailleurs, une venue trop soudaine du mauvais temps pourrait empêcher toute action et conduirait à la destruction du matériel. De plus, la présence de mobilier dans un lieu relativement préservé des stigmates de l'activité humaine nuirait à la beauté du paysage.

Des documents à disposition

L'Office du tourisme de Finhaut et le Muséum d'histoire naturelle de la Ville de Genève proposent gracieusement un dépliant (en quatre langues : anglais, allemand, français et italien) qui fournit les renseignements essentiels sur le gisement. Une brochure de 64 pages (format 16 x 11 cm), *Le sentier des dinosaures* (Benedetti & Decrouez, 1999), est vendue à un prix modique. Il existe également d'autres ouvrages qui ne sont pas consacrés exclusivement à ce site mais dans lesquels on trouve des explications assez détaillées sur la géologie de la région (Delamette, 1993 ; Decrouez, 1999 ; Decrouez et al., 2003 ; Decrouez, 2004). Toutefois, si l'utilité de cette documentation est reconnue, elle n'est pas entièrement satisfaisante car elle n'est pas facilement disponible et ne répond pas au besoin d'interactivité demandé par le public.

Le succès mitigé des visites guidées

Des visites guidées gratuites et ouvertes à tout public ont été mises en place. Cette entreprise n'a toutefois pas été couronnée de succès. L'une des raisons essentielles est la durée de la marche d'approche qui varie selon les personnes. Le temps de parcours (5 heures aller-retour) a été calculé par des spécialistes suivant des directives de l'Association valaisanne de la randonnée – Valrando. Cette valeur est donc indicative et il arrive fréquemment que des touristes, n'ayant pas l'habitude de marcher, mettent plus de temps. En outre, si de jeunes enfants sont présents, il faudra s'adapter à leur cadence. Or cette promenade est très recherchée par les familles en vacances dans la vallée de Chamonix. Ce public qui représente la majorité des visiteurs du site ne s'inscrira pas à une visite guidée car il perdrait toute liberté pour l'heure de départ et surtout le rythme de sa marche. Et de plus, programmer une sortie sur le terrain n'est pas chose facile dans la région ; les annulations de dernière minute sont fréquentes vu les conditions météorologiques locales.

Une animation originale à 2400 m d'altitude

C'est dans ce contexte que le Muséum d'histoire naturelle de la Ville de Genève et l'Office du tourisme de Finhaut ont imaginé un autre type de mise en valeur : créer une animation sur le site pendant un certain laps de temps au cours de la journée (entre 11 h et 16 h selon les conditions météorologiques, la durée pouvant être allongée en cas de très beau temps).

Ainsi, depuis 1997, un scientifique du Département de géologie et paléontologie du Muséum accueille, sur le lieu même et durant une période déterminée (21 jours de la fin juillet à mi-août, trois personnes assurent à tour de rôle 7 jours de suite), les randonneurs qui souhaitent des explications géologiques (Fig. 3). Les groupes sont constitués au fur et à mesure de l'arrivée des visiteurs et les délais d'attente entre deux animations sont courts (15 à 20 minutes au maximum). Il n'est pas nécessaire de s'annoncer ou de s'inscrire et la prestation est gratuite.

Par beau temps, l'animation dure 30 à 45 minutes. Elle peut être écourtée selon le désir des visiteurs ou quand les conditions météorologiques sont médiocres. En cas de mauvais temps, l'intervention sur le gisement est annulée. Mais étant donné que le géologue est cantonné au barrage du Vieux Emosson, le randonneur qui s'aventure quand même en montagne peut profiter, sur le couronnement du barrage ou à la sortie du tunnel, des mêmes commentaires que sur le site, mais sans les traces de dinosaures. Le contexte géologique le permet.

Une géodiversité remarquable

La mise en œuvre d'une telle animation ne peut être valable que si le site est remarquable. Et c'est le cas de ce lieu qui se singularise par une géodiversité exceptionnelle. En effet, la seule présence de traces de reptiles aurait été un argument insuffisant. Bien sûr, les auteurs de ces empreintes, le paysage de plage dans lequel ils évoluaient, le soulèvement de la plage à 2400 m d'altitude, la fossilisation des traces

intéressent fortement le public et sont largement expliqués. Mais la géodiversité qui entoure le gisement permet d'aller plus loin, c'est-à-dire de raconter l'aventure géologique de la région et des Alpes en général depuis 500 millions d'années. Cette histoire, qui pourrait être hermétique dans d'autres endroits, est facile à comprendre au Vieux Emosson grâce au paysage environnant qui permet d'illustrer de manière concrète des phénomènes géologiques importants et souvent difficiles à appréhender pour le grand public. Par exemple, si vous souhaitez décrire le comportement des roches selon leur nature lors de l'édification des Alpes, vous avez tous les éléments devant les yeux. En effet, les montagnes qui enserrant le vallon du Vieux Emosson montrent des failles à différentes échelles de grandeur, des plis centimétriques, décimétriques et hectométriques ainsi que des couches redressées.

Au-delà de la diffusion d'un savoir scientifique, cette action vise également à sensibiliser le public au respect du patrimoine naturel.

Conclusion

La géodiversité particulière du site est la raison du succès de cette mise en valeur originale. Chaque année, environ 2000 personnes (2400 en 2003) bénéficient d'explications géologiques et paléontologiques. Cette initiative est appréciée par les randonneurs et un public fidèle revient régulièrement pendant la période des animations.

Ce site permet de tenir un discours compréhensible pour un profane sans trahir les données scientifiques. Grâce à des exemples concrets sont présentées des notions importantes dans le domaine des géosciences mais difficiles à inculquer, comme par exemple des durées de l'ordre du million d'années, le rôle des grands mouvements horizontaux qui ouvrent et ferment un océan, déplacent des fragments de terrain gigantesques (mise en place des nappes), la fragilité du monde minéral qui n'est pas indestructible, etc.

Bibliographie

- Amberger G.F. (1960). *L'autochtone de la partie nord-ouest du massif des Aiguilles Rouges (Haute Savoie et Valais)*. Genève, Imprimeries Populaires.
- Avanzini M., Cavin L. (2009). A new *Isochirotherium* trackway from the Triassic of Vieux Emosson, SW Switzerland: stratigraphic implications. *Swiss Journal of Geosciences*, 102, 353-361.
- Benedetti S., Decrouez D. (1999). *Sentier des dinosaures*. Finhaut, Espace Mont-Blanc.
- Decrouez D. (1999). *De Genève au Mont-Blanc. Les roches racontent. Itinéraires*. Genève, Muséum d'histoire naturelle.
- Decrouez D. (2004). *La géologie de la vallée du Trient*. Finhaut, Vallis Triensis.
- Decrouez D., Jordan P., Auf der Maur F. (2003). *Géotopes, un voyage dans le temps. 20 promenades en Suisse dans le secret des roches*. Chavannes-près-Renens, Editions MPA.
- Delamette M. (1993). *Le Pays du Mont-Blanc. 9 itinéraires à travers paysages et roches du Mont-Blanc et du Haut-Faucigny*. La Ravoire, Edition Gap.

Demathieu G., Weidmann M. (1982). Les empreintes de pas de reptiles dans le Trias du Vieux-Emosson (Finhaut, Valais, Suisse). *Eclogae geologicae Helvetiae*, 75(3), 721-757.

De l'Europe à l'Afrique : la traversée d'un prisme d'accrétion océanique

Compte-rendu de l'excursion du 26 juin 2010 dans la région de Zinal (Valais)

Michel Marthaler ¹
Nicolas Kramar ²

¹ Institut de géographie
Université de Lausanne
Anthropole
CH – 1015 Lausanne

² Faculté des géosciences et
de l'environnement
Université de Lausanne
Amphipôle
CH – 1015 Lausanne

E-mails:
michel.marthaler@unil.ch
nicolas.kramar@unil.ch

Préambule

Cette excursion d'une journée (Fig. 1) – effectuée le 26 juin 2010 avec les participants au colloque – permet de traverser d'une façon fulgurante 300 millions d'années de l'histoire de notre planète. Elle démarre au temps de la formation de la Pangée, traverse toute l'histoire téthysienne, visite ses deux marges, européenne et africaine, et chemine dans les restes de l'océan piémontais : un prisme d'accrétion océanique mélangeant sédiments et lambeaux de croûte océanique. Elle développe certains aspects de la médiation scientifique pour expliquer l'histoire géodynamique des Alpes, en particulier deux « ingrédients » que nous utilisons souvent pour rendre la géologie accessible à un plus grand nombre.

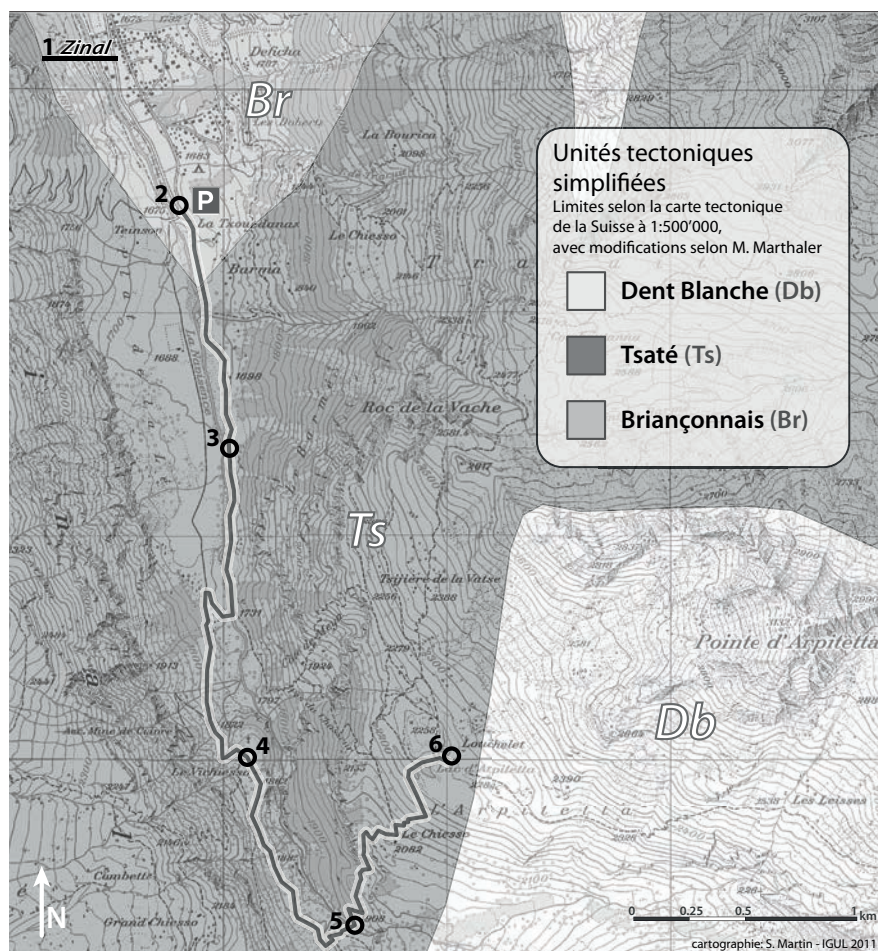


Fig 1 : Les différents arrêts décrits dans cette excursion, avec une esquisse géologique très simplifiée des trois grandes unités tectoniques traversées : nappes briançonnaises (Europe), nappe du Tsaté (océan Téthys), nappe de la Dent Blanche (Afrique). Fond topographique reproduit avec l'autorisation de swisstopo (BA11020).

Le premier consiste à appliquer dans le domaine de la communication un principe fondamental des géosciences, à savoir le principe d'actualisme (Marthaler, 2001) : à des traces géologiques diverses comme des fossiles, des lithologies ou un plan de chevauchement, sont associés des exemples actuels de lieux connus dans lesquels les processus à l'origine de ces traces sont en train de se produire.

Le second vise explicitement à proposer aux novices un modèle orogénique non pas simplifié mais historique car celui-ci reprend les principaux éléments de savoirs géologiques de la fin du XVIII^e siècle sur ce sujet. La démarche complète (Kramar, 2003, 2005) consiste dans un premier temps à proposer le modèle historique car il est compréhensible et utilisable par le plus grand nombre et parce qu'il a un champ de validité suffisamment grand pour être proposé comme une alternative opératoire à des conceptions et obstacles identifiés (conceptions sur le temps et la stabilité du monde minéral). Dans un deuxième temps sont introduites des observations révélant les limites du premier modèle, le modèle historique, ce qui rend alors nécessaire de passer à une interprétation plus proche de modèles scientifiques récents de l'orogénèse : l'objectif est alors de rompre avec une représentation trop séquentielle induite par les trois temps du modèle historique afin de se rapprocher d'un système orogénique constitué de mécanismes en interactions et rétroactions simultanées. Dans ce compte-rendu, nous appelons cette démarche « modèle didactique des trois histoires ».

Arrêt 1

La route qui monte de Sierre à Zinal traverse les très vieux gneiss du socle briançonnais (Précambrien à Ordovicien), substratum de la bordure sud de la marge européenne. A Zinal même (Fig.1), les parois qui dominent le village à l'ouest sont des quartzites permo-triasiques : anciens sables et galets déposés par les rivières qui sillonnaient la Pangée, cet immense et unique continent d'il y a 300 à 250 millions d'années. Nous sommes dans la « première histoire », celles des roches, toujours liées à leur paléoenvironnement, à un ancien paysage de notre planète où elles se sont formées. La deuxième histoire, celle des mouvements, des déformations inscrites dans les roches, se lit ici dans le pendage général des couches de quartzites, qui, comme le socle sous-jacent, plongent en direction du sud.

Arrêt 2

Dans le parking situé à la fin de la route cantonale, à un kilomètre au sud de Zinal, toutes les roches de la marge briançonnaise (ou européenne) se sont enfoncées sous nos pieds. Elles sont dominées par l'énorme pile de sédiments océaniques de la Garde de Bordon. Il est intéressant de relever qu'ici, ce pendage général des couches vers le sud (également visible au barrage de Moiry) témoigne d'un événement géodynamique majeur du début de l'ère tertiaire : la subduction de la plaque européenne sous la plaque africaine, avec entre les deux les restes de l'océan téthysien. Nous reviendrons sur ce point fondamental de la deuxième histoire, lorsque nous serons parvenus au but de notre excursion, les petits lacs d'Arpitetta.

La marche débute près du restaurant La Tzoucdanaz, en remontant la rive droite de la Navisence, dans la plaine de la Lé. En face, en rive gauche, de grands cônes de déjection s'y étalent (Fig. 2), nous parlant de la « troisième histoire », celle de l'érosion et de ses dépôts actuels : chaque année, avalanches, torrents et blocs éboulés dévalent de la Garde de Bordon, obligeant souvent la fermeture des sentiers de randonnée.



Fig 2 : Cônes d'accumulation mixte (avalanches, éboulis, coulées torrentielles) en rive gauche de la Navisence. Cliché : Emmanuel Reynard.

Arrêt 3

Un affleurement sur notre gauche marque le troisième arrêt. Ce sont des marbres phylliteux et gréseux (anciens calcaires sablo-argileux) qui peuvent contenir de minuscules coquilles de foraminifères planctoniques (Marthaler, 1981). Grâce à ces microfossiles, ces roches ont pu être datées du Crétacé supérieur (environ 80 millions d'années) et témoignent d'un environnement océanique relativement profond, mais pas trop éloigné des côtes (une centaine de kilomètres). Ces roches sont appelées « schistes lustrés » dans la littérature (Marthaler & Stampfli, 1989). Leur aspect brillant est dû au métamorphisme alpin (dans notre cas la deuxième histoire) : vers 40 millions d'années, les argiles océaniques ont recristallisé sous forme de micas en fines paillettes. Ce métamorphisme n'a pas trop effacé les structures sédimentaires, telles les alternances entre calcaires gréseux et marnes, la granulométrie et, fort heureusement, les petits tests des foraminifères planctoniques.

On peut aussi facilement mesurer un pendage des couches d'environ 20° en direction du sud. Ce dernier se voit bien dans toutes les autres couches formant la face

est de la Garde de Bordon. Tout cet ensemble appartient à la nappe du Tsaté, décrite au siècle passé par de nombreux géologues alpins sous le nom de Zone du Combin (E. Argand, G.V. Dal Piaz, P. Bearth, tous cités par Sartori, 1987). Au bout de la plaine de la Lé, un pont permet de franchir la Navisence pour atteindre le début de la montée, sur un large chemin qui mène à la cabane du Petit Mountet. Vingt minutes suffisent à franchir un premier verrou glaciaire nommé Le Vichiesso.

Arrêt 4

Les roches polies par le glacier sont vertes (amphibole, pistachite, chlorite), rubanées, à petits yeux blancs d'albite. Ce sont des prasinites d'origine basaltique. De plus, certaines formes ovoïdes suggèrent le lieu de naissance de ces roches pendant la période jurassique (histoire 1) : le fond des océans sous la forme de laves en coussin. Du plancher océanique au milieu des montagnes ! Voilà une grande découverte qui a permis d'admettre que la tectonique des plaques (ou dérive des continents et du fond des océans) était responsable de la formation des montagnes. C'est donc l'histoire 2 qui nous permet de passer du fond d'un océan à une chaîne de montagnes (Lemoine et al., 2000). Le panorama du but de notre excursion nous permettra de préciser cette incroyable transformation du paysage. Une fois les montagnes lentement surgies du fond de la mer, bien plus tard encore, lors de l'histoire 3, les glaciers vont creuser dans cette énorme masse de roches pour sculpter une succession d'ombilics et de verrous. Le Vichiesso constitue l'un de ces verrous, dans lequel la Navisence s'est fortement encaissée.

Arrêt 5

Parvenu à l'altitude de 1900 m, un pont permet de franchir à nouveau la Navisence. Ici, le paysage raconte d'abord l'histoire 3. Il est parsemé de blocs qui constituent la moraine du Petit Age Glaciaire, au temps du grand glacier de Zinal, vers 1850 (Fumeaux & Reynard, 2002). On visualise très bien la cote atteinte par la glace grâce aux deux longues crêtes morainiques latérales (Fig. 3). La cabane du Petit Mountet est posée sur celle de la rive gauche, donc sur notre droite en regardant vers le sud. Les blocs sont des gneiss granitiques arrachés aux parois de tous les sommets situés plus au sud.

L'histoire 1 nous ramène à l'ère primaire, vers 300 millions d'années, quand ces roches ont lentement cristallisé dans la croûte continentale africaine, sous forme de granite, de diorite et de gabbro. L'histoire 2 raconte la longue dérive de l'Afrique en direction du nord pendant le Crétacé et son rapprochement avec l'Europe, puis, au début du Tertiaire, la collision alpine : les roches plutoniques de l'extrême bordure nord vont s'écraser tout en glissant sur les restes de l'océan et devenir la nappe de la Dent Blanche (Argand, 1909).



Fig 3 : Vue sur la marge glaciaire du Glacier de Zinal et les montagnes sculptées dans la nappe de la Dent Blanche. Cliché : Emmanuel Reynard.

Continuons à monter en direction des lacs et de la cabane d'Arpitetta car le panorama va permettre d'en dire plus sur cette incroyable histoire géodynamique des Alpes. Après une heure de montée, nous arrivons sur une série de larges cordons morainiques tardiglaciaires qui bordent les petits lacs d'Arpitetta (Fumeaux & Reynard, 2002).

Arrêt 6

Nous avons atteint le but de cette excursion : un large panorama s'offre à nous et pourtant il représente un très grand raccourci d'un ancien espace enregistré dans les roches : deux continents visibles sous forme de groupes de montagnes, l'Europe au nord et l'ancienne Afrique au sud, avec entre les deux, vers l'ouest, les restes d'un océan disparu, la Téthys (Lemoine et al., 2000 ; Marthaler, 2001). Tout au nord de la vallée du Rhône, les montagnes de la marge européenne sont visibles à l'horizon ; puis, devant, viennent celles du microcontinent briançonnais jusqu'à Zinal. Comme déjà dit, tout ce système « nord-alpin » s'enfonce en direction du sud. Par-dessus, avec également un pendage sud bien visible, vient la nappe du Tsaté ; en direction du nord-ouest, la Garde de Bordon en fait intégralement partie. On y distingue bien des couches massives de metabasites vert pâle qui alternent avec les métasédiments (calcschistes ou schistes lustrés), de couleur brunâtre et mieux stratifiés. En suivant du regard ces couches océaniques, on voit qu'elles s'enfoncent doucement sous toutes les roches continentales plus dures de la nappe de la Dent Blanche (le « traîneau

écraseur » d'Argand (1909), qui regroupe toutes les hautes montagnes situées plus au sud). Le contact entre ces deux mondes, océanique et continental, est bien visible au col de la Lé, juste en face de nous en direction de l'ouest. On y voit nettement le fort contraste morphologique existant entre les anciennes boues marines sombres, tendres et délitées au nord du col et les vieux gneiss granitiques clairs au sud, dont tous les sommets sont plus aiguisés, plus hauts et couverts de neige ou de glaciers.

Ce contact à pendage sud n'est pas seulement visible face à nous, car nous sommes situés exactement sur son passage, juste caché ici sous la moraine tardiglaciaire. Pour échantillonner les roches océaniques, il suffit de se déplacer de quelques mètres plus au nord, sur la colline cotée 2258 (voir Fig. 1). On y observe des schistes sombres intercalés de minces niveaux de prasinites vert pâle. Pour voir les roches de l'ancienne croûte continentale africaine (env. 300 millions d'années), il faut monter d'une centaine de mètres vers le sud-est et atteindre l'éperon coté 2390 m : de beaux gneiss de composition granodioritique y affleurent. Toute la Pointe d'Arpittetta qui nous domine est taillée dans ces gneiss.

Mais revenons au contact océan-continent du col de la Lé, visible en direction de l'ouest (Fig. 4). Un regard attentif remarquera que ce contact suit un couloir qui descend à partir du col vers le sud avec un angle d'environ 40°. Aujourd'hui plan de chevauchement (ou faille inclinée), ce contact sépare des roches océaniques qui se sont engouffrées sous des roches continentales. A l'échelle du monde, ce panorama montre donc un ancien contact de subduction entre océan et continent, qui était actif (tremblements de terre, tsunamis) mais caché sous la surface des fonds marins à la fin du Crétacé et au début du Tertiaire, et qui est aujourd'hui figé mais visible dans les parois des montagnes.

Pour finir, terminons par une observation et la question qu'elle nous pose : dans tout le massif de la Garde de Bordon (et partout ailleurs dans la nappe du Tsaté), les couches de calcschistes et les anciennes coulées basaltiques alternent, sont imbriquées les unes dans les autres, alors qu'à l'origine, les sédiments crétacés se sont déposés sur les laves en coussin. Comment expliquer ce mélange ?

C'est ici que les modèles actualistes de la géodynamique viennent nous éclairer (Stampfli & Marthaler, 1990). Ce mélange est dû au raclage du fond de l'océan pendant toute la durée de la subduction, comme on peut l'observer aujourd'hui en Indonésie ou au Japon : un prisme d'accrétion, sous forme de petites îles sédimentaires, se forme au large des grandes îles volcaniques. Dans ce modèle actualiste, la nappe du Tsaté se compare aux petites îles sédimentaires, comme Mentawai, liées à la raclure océanique (prisme d'accrétion océanique, plaque inférieure) et la nappe de la Dent Blanche aux grandes îles comme Java et Sumatra (croûte continentale avec magmatisme et volcanisme, plaque supérieure).



Fig 4 : Le contact océan - continent au col de la Lé, vu en direction de l'ouest. A droite (nord) sont visibles les schistes lustrés sombres de la nappe du Tsaté, ancien prisme d'accrétion océanique. A gauche (sud) affleurent les gneiss clairs de la nappe de la Dent Blanche, l'ancienne marge active lors de la subduction de la Téthys à la fin du Crétacé. Le pendage général est vers le sud, celui du contact et des gneiss étant plus accentué que celui des schistes océaniques (discordance tectonique), Cliché : Michel Marthaler.

Conclusion

Les paysages des Alpes valaisannes n'ont pas qu'une valeur esthétique et touristique. Ils sont porteurs d'une géodynamique vivante racontée par trois longues histoires, celle des roches, celles des mouvements qui animent notre planète et celle de l'érosion et de ses dépôts. Précisons que dans un usage partiel du modèle didactique des trois histoires du paysage (se limitant à la première approche décrite en préambule), ces histoires semblent s'enchaîner les unes aux autres. Mais la nature est plus complexe, les trois histoires pouvant être simultanées, puisqu'en ce moment sur notre planète des roches se forment, d'autres se déforment, et d'autres se reforment aux dépens des plus anciennes. Ce dernier principe rappelle ce que des philosophes présocratiques avaient formulé il y a plus de deux millénaires et demi: au « Tout s'écoule » d'Héraclite, Anaxagore ajoutait : « Rien ne naît ni ne périt, mais des choses déjà existantes se combinent, puis se séparent de nouveau ».

Bibliographie

- Argand E. (1909). L'exploration des Alpes pennines centrales. *Bulletin de la Société vaudoise des sciences naturelles*, 166, 217-276.
- Fumeaux D., Reynard E. (2002). Les fluctuations récentes des glaciers du val de Zinal (Ayer, Valais) selon les sources historiques. *Bulletin de la Murithienne*, 120, 7-18.
- Kramar N. (2003). Le cycle orogénique comme outil didactique. *Actes du colloque Quartz sur l'enseignement et la vulgarisation des Sciences de la Terre (Quartz)*, Nice.
- Kramar N. (2005). Enjeux didactiques et épistémiques liés à l'utilisation d'un modèle historique en Sciences de la Terre. In Giordan A., Martinand J.-L., Raichvarg D. (eds). *XXVII^e Journées internationales sur la communication, l'éducation et la culture scientifique et industrielle*, Cachan, LIREST, CD-ROM, 5 p.
- Lemoine M., de Granciansky P.-C., Tricart P. (2000). *De l'océan à la chaîne de montagne : tectonique des plaques dans les Alpes*. Paris, Gordon and Breach.
- Marthaler M. (1981). Découvertes de foraminifères planctoniques dans les « Schistes lustrés » de la Pointe de Tourtemagne (Valais). *Bulletin de géologie (Lausanne)*, 254.
- Marthaler M. (2001). *Le Cervin est-il africain? Une histoire géologique entre les Alpes et notre planète*. Le Mont-sur-Lausanne, Edition LEP.
- Marthaler M., Stampfli G.M. (1989). Les Schistes lustrés à ophiolites de la nappe du Tsaté : un ancien prisme d'accrétion issu de la marge active apulienne ? *Bulletin suisse de minéralogie et de pétrographie*, 69, 211-216.
- Sartori M., (1987). Structure de la zone du Combin entre les Diablons et Zermatt (Valais). *Eclogae Geologicae Helveticae*, 80, 789-814.
- Stampfli G. M., Marthaler M. (1990). Divergent and convergent margin in the Western Alps. Confrontation to actualistic models. *Geodinamica Acta*, 3, 159-184.

- N° 36 **Christophe LAMBIEL, Emmanuel REYNARD, Cristian SCAPOZZA** (eds) (2010) : La géomorphologie alpine : entre patrimoine et contrainte, 273 pages.
- N° 35 **Géraldine REGOLINI-BISSIG, Emmanuel REYNARD** (eds) (2010) : Mapping Geoheritage, 127 pages.
- N° 34 **Lawali DAMBO** (2007) : Usages de l'eau à Gaya (Niger) : entre fortes potentialités et contraintes majeures. Thèse de doctorat, 354 pages. Version couleur sur CD-ROM annexé.
- N° 33 **Christophe LAMBIEL** (2006) : Le pergélisol dans les terrains sédimentaires à forte déclivité : distribution, régime thermique et instabilités. Thèse de doctorat, 260 pages.
- N° 32 **Jean-Pierre PRALONG** (2006) : Géotourisme et utilisation des 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, 224 pages.
- N° 31 **Lawali DAMBO, Emmanuel REYNARD** (eds) (2005) : Vivre dans les milieux fragiles : Alpes et Sahel. Hommage au Professeur Jorg Wlnistorfer. 348 pages.
- N° 30 **Marina MARENGO et Jean-Bernard RACINE** (avec la collaboration de C.-A. BLANC) (2005) : De l'Etat Providence à la solidarité communautaire : le monde associatif à Lausanne. (Agenda 21). Vers un nouveau projet de société locale. 242 pages.
- N° 29 **Veronica NOSEDA** (2005) : "Violences urbaines". Une exploration au-delà des interprétations reçues. 142 pages.
- N° 28 **Caterina GENTIZON** (2004) : Méthode d'évaluation des réserves naturelles en suisse. Le cas de la Pierreuse et des Grangettes. Thèse de doctorat, 222 pages.
- N° 27 **Emmanuel REYNARD, Jean-Pierre PRALONG** (eds) (2004) : Paysages géomorphologiques. Actes de colloque. 258 pages.
- N° 26 **Patrick GILLARD** (2003) : Mendier ou mourir ? Dynamiques spatiales de l'extrême pauvreté au Niger. Thèse de doctorat, 328 pages.



UNIL | Université de Lausanne

Institut de géographie

Quartier - Dorigny
Anthropole
CH-1015 Lausanne

www.unil.ch/igul

ISBN 978-2-940368-12-9



9 782940 368129 >