n° 9 avril 2007

Documents

Les Géotopes

Curiosités méconnues du patrimoine vaudois
De l'inventaire à la mise en valeur

Association pour le patrimoine naturel et culturel du canton de Vaud
Case postale 5273 - 1002 Lausanne

Les «Documents» de l'Association

A la différence d'un bulletin de liaison régulier et formel, les «Documents» édités par le Comité de l'Association pour le patrimoine naturel et culturel du canton de Vaud seront à disposition des membres désireux de faire connaître leurs positions. Dans cette publication, il est donc moins question de faire l'inventaire de la «vie» de l'Association que de donner libre cours à une prise de parole engagée et réfléchie sur les domaines d'intervention qui nous concernent tous et qui touchent la gestion, la connaissance ou la reconnaissance publique du patrimoine naturel et culturel. Elle donne autant les résultats de réflexions en cours que des expertises sur des sujets liés au patrimoine.

Puisse la série des «Documents» être le témoin de nos actions, des objectifs à atteindre et de nos aspirations.

Pour adhérer à l'*Association pour le patrimoine naturel et culturel du canton de Vaud*: www.patrimoine-vd.ch

*Maquette: **point carré**, Suzanne Pitzl, Vevey*

Coordination: Aymon Baud

Mise en pages: Jean-Louis Moret

Impression: Easy-Document, Yverdon

Lausanne: Association pour le patrimoine naturel et culturel du canton de Vaud, 2007

«Documents» de l'Association pour le patrimoine naturel et culturel du canton de Vaud, n° 9, 2007.

Sommaire

Introduction
par Aymon Baud 3

Quel avenir pour l'inventaire des géotopes dans la législation vaudoise
par Philippe Gmür 5

Du sauvetage des blocs erratiques à la protection des géotopes dans le canton de Vaud
par Géraldine Bissig et Emmanuel Reynard 7

Géotopes, biotopes et paysages: vers un concept intégrateur du paysage
par Philippe Schoeneich 15

La Pierreuse, un paysage pétrifié par le temps
par Michel Marthaler 21

Les «géotopes» du Chemin des Blés
par Micha Schlup 27

Un géotope et biotope unique: les mines et carrières de Baulmes
par Nicolas Meisser 31

Lavaux, une référence paléontologique mondiale
par Robin Marchant 39

Des cailloux et des hommes
par Denis Weidmann 45

Introduction

par Aymon Baud

Les géotopes, qu'est-ce que c'est?

Tel était le titre de notre article dans le Document N° 4 de l'APAV sur les «Propos libres sur le patrimoine» publié en avril 2001. A partir d'un petit historique, nous donnions une définition abrégée: *les géotopes sont des portions de territoire dotés d'une valeur patrimoniale dans le domaine des Sciences de la Terre.* Puis les principales catégories de géotopes étaient inventoriées. Parmi les exemples donnés, nous décrivions le site des pyramides de gypse du col de la Croix. Nous parlions de la nécessité d'un inventaire et des études alors en cours dans le cadre de l'outil «Concept paysage Vaud».

Les progrès réalisés

Depuis 2000 de nombreux progrès ont été réalisés aussi bien dans les inventaires que dans la promotion des géotopes. A l'échelon national, le groupe «Geoforum Suisse» donne, dans son site Internet (http://www.geoforum.ch/), des indications détaillées avec des documents téléchargeables (pages «groupe de travail: géotopes et géoparcs»).

Une séance spécialisée «Géotopes» a été organisée dans le cadre de la 4e réunion annuelle des Géosciences le 25 novembre 2006 à Berne. A cette occasion, le point à été fait sur la révision de l'inventaire des Géotopes d'importance nationale. C'est en particulier Emmanuel Reynard et Géraldine Bissig qui s'occupent de cette révision pour le territoire vaudois.

D'autres cantons sont très actifs dans l'inventaire et la protection de leurs géotopes. Signalons les cantons de Saint-Gall et de Thurgovie qui ont fait un effort considérable et dont les inventaires détaillés se trouvent sur leur site Internet cantonal. Le canton du Jura a commandé une étude détaillée au département des Géosciences de l'Université de Fribourg. Et pour le canton du Valais, c'est Emmanuel Reynard de l'Institut de géographie de l'Université de Lausanne qui est chargé de coordonner cet inventaire.

Les artisans

Le partenaire cantonal vaudois officiel pour la protection des géotopes est le Centre pour la protection de la faune et de la nature du Département Sécurité et Environnement (DSE). Philippe Gmür, conservateur de la nature, nous donne, dans *Quel avenir pour l'inventaire des géotopes dans la législation vaudoise*, une vision claire pour le futur des géotopes.

C'est en 1999 que le Centre a confié un mandat d'évaluation, inventaire et protection des géotopes vaudois au bureau d'écologie et géographie appliquée «Hintermann & Weber», ceci dans le cadre de l'outil «Concept paysage Vaud». Philippe Schoeneich, un des auteurs du rapport, nous présente, dans *Géotopes, biotopes et paysages: vers un concept intégrateur du paysage*, le travail qu'il a effectué dans ce cadre.

Depuis plus de dix ans, l'Institut de géographie de l'Université de Lausanne (IGUL) s'est intéressé aux géotopes, en particulier aux géomorphosites et à leur promotion. Ils font actuellement l'objet de thèmes de recherche et publications, de travaux de licences et de

Bloc erratique et/ou menhir(?): illustration d'un géotope. Le dessin de gauche est de Auguste Jaccard (1870, archives du Musée de géologie) et la photo à droite serait le même bloc mais vu du sud, illustré par Virginie Bard et Pierre Vonlanthen (Provence bloc 07) dans leur rapport *Objets géologiques d'intérêt particulier au nord de l'arc jurassien vaudois.*

thèses. Un aspect plus complet des thèmes «géomorphosites» et «géotourisme» est donné sur le site Internet de l'IGUL à l'adresse http://www.unil.ch/ igul/ page16224.html.

Parmi les promoteurs de ces recherches, figurent les professeurs Emmanuel Reynard et Michel Marthaler avec leurs collaborateurs parmi lesquels Géraldine Bissig et Micha Schlup. Dans *Du sauvetage des blocs erratiques à la protection des géotopes dans le canton de Vaud*, Géraldine Bissig et Emmanuel Reynard nous introduisent aux origines de la protection des géotopes et détaillent la situation actuelle au niveau cantonal et fédéral.

Micha Schlup, animateur d'excursions très suivies, nous présente *Les «géotopes» du Chemin des Blés*.

La Pierreuse, un paysage pétrifié par le temps est le thème choisi par Michel Marthaler pour illustrer l'aspect pédagogique pour la géologie de cette réserve naturelle protégée des Rochers de Château d'Œx.

Le Musée cantonal de géologie participe activement à l'inventaire des géotopes sur sol vaudois. Un aspect résumé figure sur le site Internet du musée à l'adresse http://www.unil.ch/mcg/page15375.html.

Sous la direction du soussigné, plusieurs études et inventaires ont été confiés à des «civilistes» géologues ou géographes. C'est ainsi qu'Olivier Nigg a rédigé en 2000 un rapport sur quelques géotopes du Chablais vaudois et régions avoisinantes avec les géotopes du Col de la Croix, de Famelon, de Rivaz-Monod, de Saint-Triphon et du Vallon de Nant.

En mars 2002, ce sont Virginie Bard et Pierre Vonlanthen qui rédigent un rapport très complet, déposé au Musée et intitulé *Objets géologiques d'intérêt particulier au nord de l'arc jurassien vaudois*. A partir de la définition de «géotopes», ils décrivent dans cette région du Nord vaudois les phénomènes glaciaires avec l'inventaire d'un grand nombre de blocs erratiques et des sites de drumlins. Ils font ensuite un recensement des objets karstiques avec les grottes, les dolines, et dans les paysages, les vallées sèches, les cluses et défilés. Ils montrent également l'intérêt multiple de quelques sites stratigraphique comme celui des carrières de Baulmes, celui de la Vraconne, stratotype de Vraconnien, ainsi que d'autres sites, telles les fameuses lignites interglaciaires de Grandson. Cette région est aussi riche en objets «géohistoriques» avec les menhirs de Bonvillars et de Concises, les carrières romaines de La Lance, les routes anciennes, les mines et les voies historiques.

Plus récemment, le Musée cantonal de géologie a poursuivi son effort d'étude et promotion des géotopes vaudois sous la direction de Gilles Borel. En 2004, il a confié à David Buchs un programme d'évaluation et de test de fiches d'inventaire des géotopes vaudois. Une trentaine de sites ont été examinés, avec une attention particulière à la région comprise entre le Mormont et le Chamblon. Un rapport d'activité d'une cinquantaine de pages est déposé au Musée.

Pour les grottes et gouffres vaudois, le Musée collabore avec l'Institut suisse de spéléologie et de karstologie (ISSKA).

Robin Marchand, conservateur, s'est intéressé au Parc jurassien. Il a préparé des panneaux didactiques et publié avec Gregory Grosjean chez Baudat imprimeur: *Roches et paysages du Parc jurassien vaudois, avec quatre itinéraires géologiques*. Pour la commune de Lausanne, il participe aux panneaux didactiques du chemin de la Vuachère.

Le Musée a participé très activement à la préparation du dossier de candidature de Lavaux au patrimoine mondial de l'Unesco. Robin Marchant nous présente dans *Lavaux, une référence paléontologique mondiale* un aspect moins connu du site de Lavaux.

Nicolas Meisser, conservateur de minéralogie, s'est particulièrement intéressé aux mines et anciennes mines et il poursuit avec le photographe Stefan Ansermet un inventaire des géotopes liés aux mines de sel de Bex. Ici, il nous présente dans *Un géotope et biotope unique: les mines et carrières de Baulmes*, des aspects tout à fait inédits de ce site.

Dans les tâches de la Section de l'archéologie cantonale du Département des infrastructures (DINF) figure la protection des sites et parmi ceux-ci se trouve la catégorie des géotopes liés à l'activité humaine historique.

Dans *Des cailloux et des hommes*, l'archéologue cantonal Denis Weidmann nous introduit aux rapports millénaires entre l'homme et la pierre et passe en revue une période qui va des silex de plus de 30'000 ans avant J.-C. jusqu'au recyclage subactuel de monuments anciens.

Grâce à l'apport souvent original et personnel de chaque auteur, les divers points de vue et descriptions présentés dans ce «Document N° 9» de l'APAV donnent une vision très ouverte du géotope dans un contexte vaudois. ■

Aymon Baud est l'ancien directeur du Musée cantonal de géologie

Quel avenir pour l'inventaire des géotopes dans la législation vaudoise

par Philippe Gmür

La Loi sur la protection de la nature, des monuments et des sites (ci-après: LPNMS) a notamment pour but de ménager l'aspect caractéristique du paysage et des localités, les sites évocateurs du passé et les beautés naturelles (article 1er, lettre b).

Les géotopes répondent manifestement aux critères liés soit au paysage, soit à l'histoire. Au surplus, leurs valeurs scientifiques constituent des critères de protection évidents (article 4 LPNMS).

Le document *La Nature demain*, qui constitue l'élément directeur de la politique cantonale en matière de conservation de la nature et du paysage, a par ailleurs souligné l'intérêt de la conservation des géotopes et la responsabilité du canton dans ce domaine.

De nombreux géotopes sont d'ailleurs déjà inscrits à l'Inventaire des monuments naturels et des sites (IMNS) ou sont classés. On recense notamment des roches et éboulis, des falaises, des dépressions, des glacières, des blocs erratiques, des collines ou des pyramides de gypse. Un certain nombre de sites et de paysages protégés globalement contiennent ou sont constitués par des géotopes et il y a de ce fait une protection indirecte qui y est associée.

La réalisation d'un inventaire permet de déterminer des priorités sur la base de critères homogènes et reconnus.

Malheureusement, la LPNMS ne permet pas actuellement de réaliser de nouveaux inventaires thématiques (cette difficulté a déjà été constatée dans l'inventaire des parcs et jardins historiques).

Il faudra donc intégrer les objets de l'inventaire des géotopes dans l'IMNS ou les classer si cela s'avère nécessaire. Même si cela réduit la cohérence d'ensemble de cet inventaire thématique, cela permettra d'assurer la protection passive et active des éléments qui le méritent.

Une réflexion sur la systématique de la loi découlant de la mise en œuvre de l'article 52 de la Constitution est en cours et elle pourrait déboucher sur une clarification et une systématisation des inventaires. Il n'est pas exclu que cela débouche pour partie sur des inventaires thématiques permettant de mieux conserver la cohérence de matières...

D'ici là, la Conservation de la nature se réjouit de pouvoir prendre connaissance prochainement de l'inventaire des géotopes et d'assurer un bon déroulement de la procédure qui devrait suivre. ■

Philippe Gmür est le Conservateur de la nature au Département vaudois de la sécurité et de l'environnement

Du sauvetage des blocs erratiques à la protection des géotopes dans le canton de Vaud

par Géraldine Bissig et Emmanuel Reynard

1. Introduction

Contrairement à d'autres cantons suisses –par exemple St-Gall, Thurgovie, Fribourg–, le canton de Vaud n'a pas établi jusqu'à présent un inventaire exhaustif de son patrimoine géologique et géomorphologique. Pourtant, dès le milieu du XIXe siècle, le pays de Vaud a été l'une des régions pionnières dans la protection des «monuments naturels», avec notamment un engagement important dans la protection des blocs erratiques disséminés par le glacier du Rhône sur pratiquement tout le territoire du canton. Depuis, différents textes légaux ont permis de mettre sous protection une partie de ce patrimoine naturel. Cet article a pour objectif de rappeler l'importance de l'engagement du canton de Vaud –et notamment de ses milieux scientifiques–, dans les débuts de la protection du patrimoine géologique en Suisse et de faire un bref état des lieux –sous forme cartographique– de la situation actuelle de la protection des géotopes à l'échelle du canton. En conclusion, nous proposons quelques pistes en vue d'une protection plus globale des géotopes du canton.

2. La protection des blocs erratiques au XIXe siècle

La relecture de l'histoire des débuts de la protection de la nature en Suisse (VISCHER 1946; BACHMANN 1999) montre que de nombreux scientifiques se sont engagés en vue de protéger ce qui à leurs yeux faisait partie intégrante du patrimoine de la nation. C'est le cas notamment des blocs erratiques (AUBERT 1989, REYNARD 2004a). Suite aux controverses sur leur origine et à la mise au point scientifique de Jean de CHARPENTIER (1841), qui établit leur transport glaciaire, notamment sur la base d'observations réalisées dans le Chablais (Bex, Monthey), un conflit important entre la valeur scientifique de ces blocs et leur valeur économique comme source de pierres de taille se développe au milieu du XIXe siècle. Plusieurs blocs de granite de grande taille sont aménagés en carrières et permettent le dégagement de pierres utilisées dans la construction (seuils de porte, bassins par exemple) et les travaux publics (rebords de route, bornes, murs). Leur dissémination sur presque tout le territoire cantonal (Chablais, région lausannoise, La Côte, pied du Jura, nord vaudois) en fait des matériaux privilégiés qui ne nécessitent pas un transport à longue distance. Les blocs erratiques disparaissent ainsi rapidement.

Cette situation, qui n'est pas limitée au canton de Vaud, engage le professeur Alphonse Favre, qui enseigne la géologie à l'Université de Genève, à demander en 1866 à la Société helvétique des sciences naturelles de prendre des mesures en vue de protéger les blocs les plus importants. Une année plus tard, le géologue genevois est chargé de rédiger, avec son collègue bernois B. Studer, un *Appel aux Suisses pour les engager à protéger les blocs erratiques* (FAVRE et STUDER 1867). Ce texte constitue l'une des premières actions d'envergure en vue de protéger les géotopes. Publié dans plusieurs journaux et adressé aux administrations des cantons, il engage les Suisses, autant les particuliers que les administrations cantonales et communales, à faire protéger un certain nombre de blocs et propose de rédiger une carte des blocs erratiques de Suisse, qui sera publiée près de vingt ans plus tard (FAVRE 1884). L'*Appel* obtient un grand succès et suscite un engouement dans plusieurs régions de Suisse, notamment dans le canton de Vaud.

Les différents rapports qui sont publiés par Favre entre 1868 et 1884 permettent de s'en faire une idée. On crée notamment un Comité des blocs pour le canton de Vaud, présidé par Ph. de La Harpe. Le canton est divisé en cinq circonscriptions, placées sous la responsabilité d'un commissaire, et plusieurs inventaires locaux sont entrepris par des personnalités scientifiques (Prof. Eugène Renevier), politiques ou religieuses. Le gouvernement engage également les ingénieurs des ponts et chaussées et les voyers à favoriser la protection des blocs. Dans son premier rapport à la Société helvétique des sciences naturelles (1868), Favre peut ainsi conclure: «Dans le canton de Vaud, le travail a été organisé de manière excellente, qui devrait servir de modèle dans les autres cantons» (FAVRE et SORET 1868, p. 148). Dès 1868, la commune de Lausanne met sous protection le bloc de la Pierre à Cambot, près de Romanel. D'autres suivront dans différentes régions du canton.

Daniel AUBERT (1989, p. 198) remarque toutefois que cet engouement initial ne fut qu'un «brillant feu de paille» et il faudra attendre l'épisode de la protection de la Pierre des Marmettes à Monthey, entre 1905 et 1908 (voir SCHARDT 1908, AUBERT 1989, REYNARD

2004a), pour que la protection des blocs erratiques revienne sur le devant de la scène. Ainsi, en 1906, la Société vaudoise des sciences naturelles crée une Commission cantonale des monuments naturels (devenue plus tard la Commssion cantonale pour la protection de la nature), présidée à son origine par le professeur de géologie Maurice Lugeon (1906-1908). Cette commission, dont le rayon d'action ne se limitait pas, comme la précédente, à la protection des blocs erratiques, mais touchait l'ensemble des «monuments naturels» (grands arbres, par exemple) permit la protection de plusieurs nouveaux blocs. Actuellement, la liste des blocs protégés compte 28 objets (AUBERT 1989, p. 206), auxquels il faut rajouter les trois blocs de Monthey, légués à la Société vaudoise des sciences naturelles par la veuve de Jean de Charpentier (SCHARDT 1908). Le dernier bloc a été protégé en 1934. Comme le relève D. Aubert, depuis, autant la Ligue vaudoise pour la protection de la nature que la Commission cantonale en charge de la protection de la nature ont mis «au premier plan de leur activité la protection des milieux naturels les plus menacés» (AUBERT 1989, p. 200).

3. La protection actuelle des géotopes dans le canton de Vaud

3.1 Etat de la situation

En 2000, le Département de la sécurité et de l'environnement (DSE) et son Service des forêts, de la faune et de la nature, ont entamé la conception d'un document –*La Nature Demain* (ND)– destiné à servir de base à une politique sectorielle de conservation de la nature et du paysage pour le canton de Vaud. Diverses études thématiques, dont un rapport concernant la protection des géotopes vaudois (HINTERMANN et WEBER 2001), ont permis d'établir un état des lieux de la conservation actuelle de la nature dans les différents secteurs d'activités. L'examen des politiques publiques et des pratiques administratives dans ledit rapport montre qu'en matière de protection des géotopes la situation est insatisfaisante en raison de l'absence de reconnaissance formelle des géotopes et du manque de mesures spécifiques de protection. Les auteurs concluent à la nécessité d'intégrer le concept de géotope dans la législation pour rétablir l'équilibre par rapport aux biotopes et pour permettre une démarche systématique d'inventaire (HINTERMANN et WEBER 2001, p. 18).

Même si les objectifs du rapport thématique en ce qui concerne les géotopes sont repris dans ND, force est de constater que les cinq priorités opérationnelles (sauvegarde des espèces et des milieux naturels rares, constitution d'un réseau écologique cantonal autour des lacs et cours d'eau, corridors à faune et réseaux écologiques, négociation de zones-tampons et de surfaces de compensation écologique, installation de projets-pilotes) s'articulent toujours fortement autour de la conservation de la nature vivante et que la nature abiotique n'est pas véritablement prise en compte dans cette stratégie. Une prise de contact récente de la part du Groupe de travail pour les géotopes en Suisse (www.geoforum.ch) avec l'administration cantonale vaudoise, pour obtenir des informations relatives à la gestion des géotopes, laisse croire que les priorités n'ont pas évolué de façon significative. Il serait cependant erroné de penser que les patrimoines géologique et géomorphologique sont complètement négligés par la protection de la nature du canton de Vaud. Sous les termes de «monument naturel», «curiosité naturelle» ou, en ce qui concerne les grands ensembles, de «paysage», certains géotopes bénéficient d'une protection relative sous le chapeau des inventaires paysagers ou de la protection biologique de certains sites. Divers inventaires fédéraux et cantonaux offrent ainsi une **protection indirecte** de certains géotopes.

3.2 Les géotopes dans les inventaires paysagers et biologiques

Plusieurs géotopes vaudois sont intégrés dans des inventaires cantonaux ou fédéraux d'intérêt paysager ou biologique. Comme ces inventaires n'ont pas été établis sur la base de critères géologiques et géomorphologiques, les géotopes sont rarement mentionnés de manière explicite. Souvent, ils profitent d'une protection uniquement à travers les mesures de sauvegarde liées à la valeur principale du site (par exemple, l'interdiction de prélèvement de graviers dans les zones alluviales). Le niveau des contraintes dépend du statut des inventaires et peut varier entre une valeur consultative, l'utilisation limitée du périmètre protégé et le développement de contraintes foncières strictes. Nous présentons ici les inventaires cantonaux et fédéraux qui contiennent certains sites de valeur du point de vue de la géologie et de la géomorphologie.

L'Inventaire cantonal des monuments naturels et des sites (IMNS) et les arrêtés de classement

L'Inventaire des monuments naturels et des sites (IMNS) a été mis en œuvre en vertu de l'art. 12 de la

Loi cantonale sur la protection de la nature, des monuments et des sites (LPNMS) du 10 décembre 1969. Plusieurs formes géomorphologiques, tels que des blocs erratiques, des sources karstiques, des formes fluviatiles et glaciaires, ainsi que quelques objets d'intérêt géologique sont intégrés dans cet inventaire (carte 1).

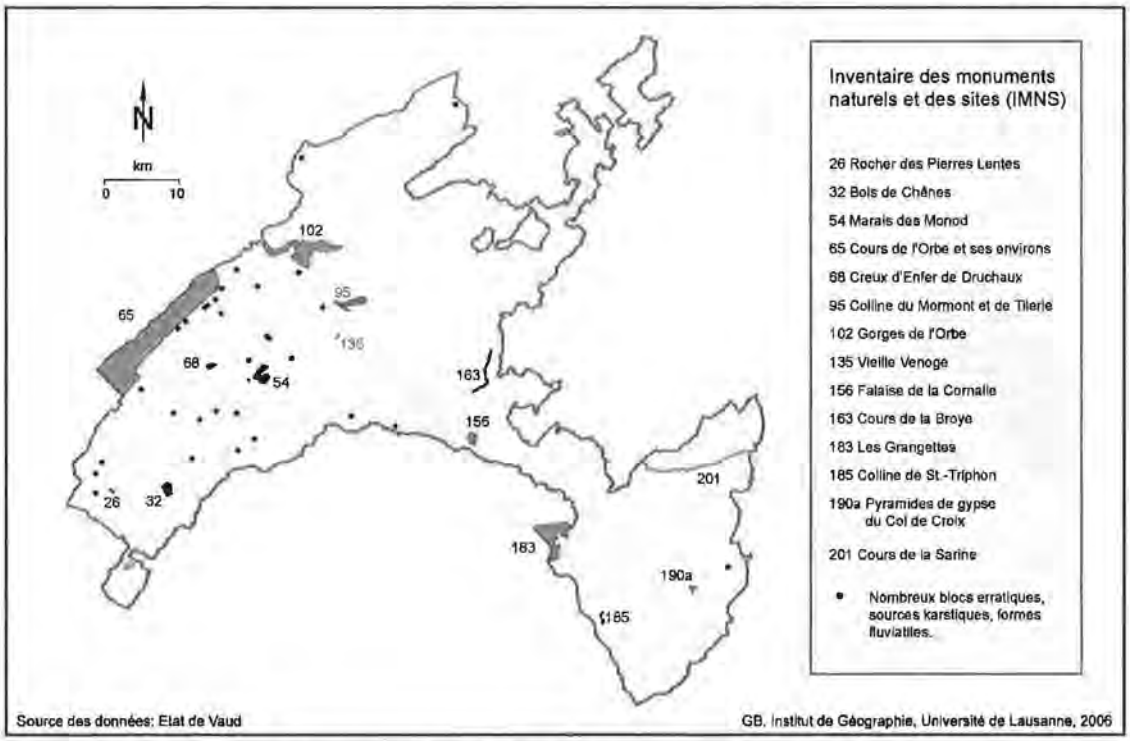
Le Conseil d'Etat dispose également d'un instrument permettant de classer des sites d'importance: les arrêtés de classement. Au nombre de 42, ils concernent surtout des réserves naturelles, des vignobles, ainsi que des réserves floristiques ou forestières. Certains sites classés peuvent être considérés comme des géotopes. C'est le cas du bloc erratique de la Fontaine Froide (Sainte-Croix, classé en 1984), du bloc erratique La Bovarde (Grandvaux, classé en 1985) et du Creux du Croue (Arzier, classé en 1987). Parmi, les arrêtés récents figurent plusieurs sites marécageux et zones alluviales d'importance nationale (voir ci-dessous).

L' Inventaire fédéral des paysages, sites et monuments naturels d' importance nationale (IFP)

Cet inventaire a été mis en place graduellement –en plusieurs phases d'admission d'objets en 1977, 1983, 1996, 1998– et sur la base de l'Inventaire des paysages et des sites naturels d'importance nationale qui méritent protection (CPN), publié pour la première fois en 1963 par des organismes privés de protection de la nature (Ligue suisse pour la protection de la nature, Ligue suisse du patrimoine national (Heimatschutz) et Club alpin suisse). Les 162 objets appartenant à l'IFP sont de trois types:

- des objets uniques, remarquables du point de vue scientifique, écologique, géographique ou culturel;
- des paysages-types, proches de l'état naturel et présentant des caractéristiques morphologiques, historico-culturelles ou des habitats particuliers pour la faune et la flore;
- des monuments naturels, objets exceptionnels de la nature vivante ou immobile.

En ce qui concerne le canton de Vaud, 9 des 18 sites ont été inscrits en raison de leur intérêt géologique et/ou géomorphologique (tableau 1, carte 2). C'est le cas du *Vanil Noir* (objet 1504), décrit comme une «région caractéristique des Préalpes calcaires septentrionales avec des parois rocheuses très élevées», ou de la *Vallée de Joux et du Haut-Jura vaudois* (objet 1022). Pour d'autres objets (1203: *Grèves vaudoises de la rive gauche du lac de Neuchâtel*; 1205: *Bois de Chênes*), les caractéristiques géologiques et géomor-

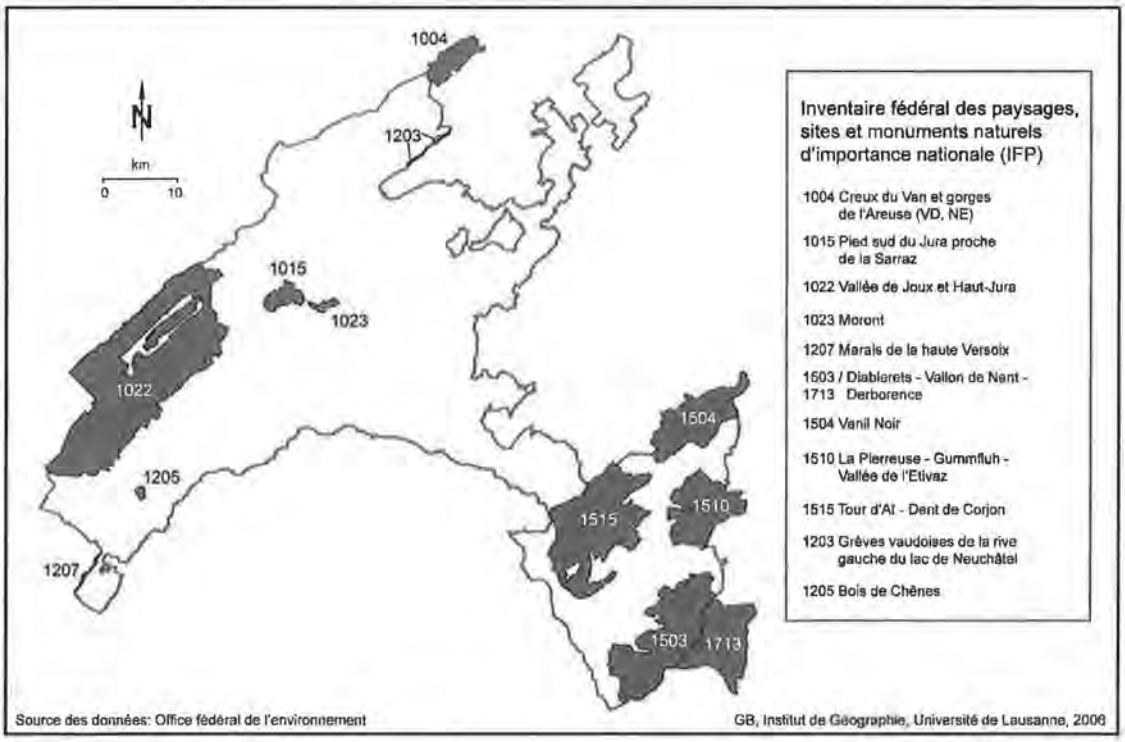


Carte 1.–Sites inscrits à l'inventaire cantonal des monuments naturels et des sites (IMNS).

Tableau 1.–Sites vaudois inscrits à l'IFP pour leurs caractéristiques géologiques et/ou géomorphologiques (selon HINTERMANN et WEBER, 2001).

Objet IFP	Nom	Caractéristiques géologiques ou géomorphologiques
1004	Creux du Van et gorges de l'Areuse VD/NE	Cirque de rochers et présence de pergélisol dans les éboulis (dans la partie neuchâteloise)
1015	Pied sud du Jura proche de la Sarraz	Fossé tectonique du Nozon, affleurements calcaires du Crétacé, moraine alpine
1022	Vallée de Joux et Haut-Jura vaudois	Relief plissé, bassin fermé tectonique, formes karstiques, rivière à méandres, perte et résurgence de l'Orbe, moraines jurassiennes
1023	Mormont	Calcaires du Crétacé, disposition tectonique, karst et Sidérolithique
1207	Marais de la haute Versoix	Rivière dans un état naturel
1503/1713	Diablerets-Vallon de Nant-Derborence	Géologie, tectonique, gîtes fossilifères, pyramides de gypse, ...
1504	Vanil Noir	Région caractéristique des Préalpes calcaires septentrionales, parois rocheuses très élevées
1510	La Pierreuse-Gummfluh-Vallée de l'Etivaz	Hautes parois calcaires, conglomérats et calcaires du flysch, sources minérales sulfureuses et sulfatées
1515	Tour d'Aï-Dent de Corjon	Paysage caractéristique des Préalpes calcaires septentrionales (nappe des Préalpes médianes et nappe de la Simme), structure en voûte anticlinale, karst, relation entre géologie et végétation.
1203*	Grèves vaudoises de la rive gauche du lac de Neuchâtel	Ancienne carrière romaine
1205*	Bois de Chênes	Relief morainique et variété des sols

* Caractéristiques géologiques et géomorphologiques secondaires



Carte 2.–Sites inscrits à l'inventaire fédéral des paysages, sites et monuments naturels d'importance nationale (IFP).

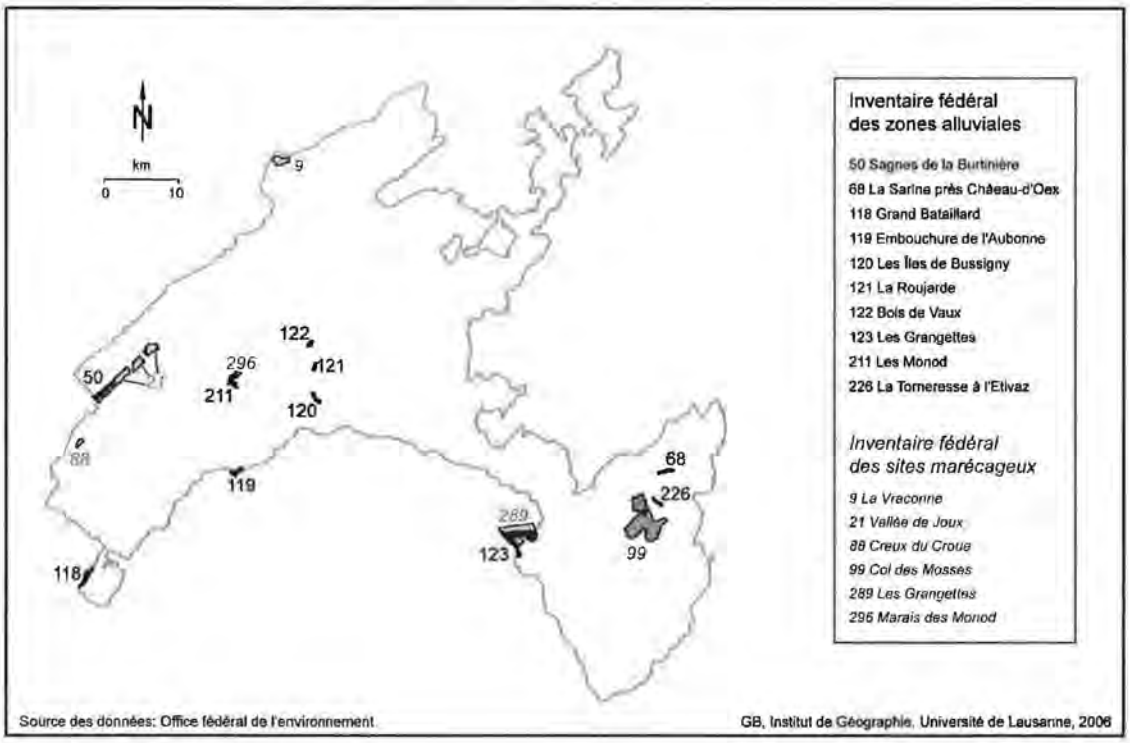
phologiques représentent des arguments secondaires. Cet inventaire très disparate pose toutefois un problème d'application, car il n'est contraignant que pour les activités de la Confédération. La protection de ces sites n'est ainsi pas très efficace et actuellement, l'inventaire fait l'objet d'une révision complète.

L' inventaire fédéral des sites marécageux

L'inventaire fédéral des sites marécageux a été réalisé suite à l'acceptation par le peuple suisse de l'Initiative Rothenthurm (1987). Il s'agit d'un inventaire paysager, car ces zones constituent souvent des paysages culturels imprégnés des traces de l'utilisation passée. L'inventaire a été réalisé sur la base de critères autant biologiques que géomorphologiques (STUBER 1993). En ce sens, on peut considérer que les sites inscrits à cet inventaire ont tous une haute valeur géomorphologique et peuvent donc être considérés comme des géotopes (REYNARD 2004b). Six sites vaudois sont inscrits à cet inventaire. Ils démontrent tous l'étroite relation existant entre les caractéristiques géologiques et le caractère marécageux du site. Ainsi, le Creux du Croue (objet 88) est une profonde combe anticlinale laissant affleurer les marnes imperméables de l'Argovien, responsables de la présence d'un marais dans le fond de la combe. Quant au paysage marécageux du Col des Mosses (objet 99), il est en étroite relation avec la présence de nombreux cordons morainiques tardiglaciaires. L'ensemble de ces sites est représenté sur la carte 3.

Les géotopes dans les inventaires biologiques

Dans ce type d'inventaire, on protège avant tout les habitats des espèces végétales ou animales. En raison des liens existant entre certains géotopes et biotopes (STUBER 1997), les inventaires fédéraux des zones alluviales, des hauts- et des bas-marais incluent **implicitement** des géotopes. On remarquera toutefois que contrairement à l'inventaire des sites marécageux, l'évaluation et la sélection des sites inclus dans ces inventaires ne sont basées que sur des critères biologiques (REYNARD 2004b). La carte 3 présente les géotopes vaudois figurant dans l'inventaire fédéral des zones alluviales d'importance nationale. Ces zones de transition entre les eaux courantes et la terre ferme se caractérisent par une grande dynamique hydrologique et géomorphologique fournissant des habitats pour de nombreuses espèces végétales et animales. Dix géotopes actifs vaudois bénéficient ainsi d'une protection indirecte. Ce sont, par exemple, les tronçons de rivières tressées de montagne de la Sarine près de Château-d'Œx (n° 68) et de la



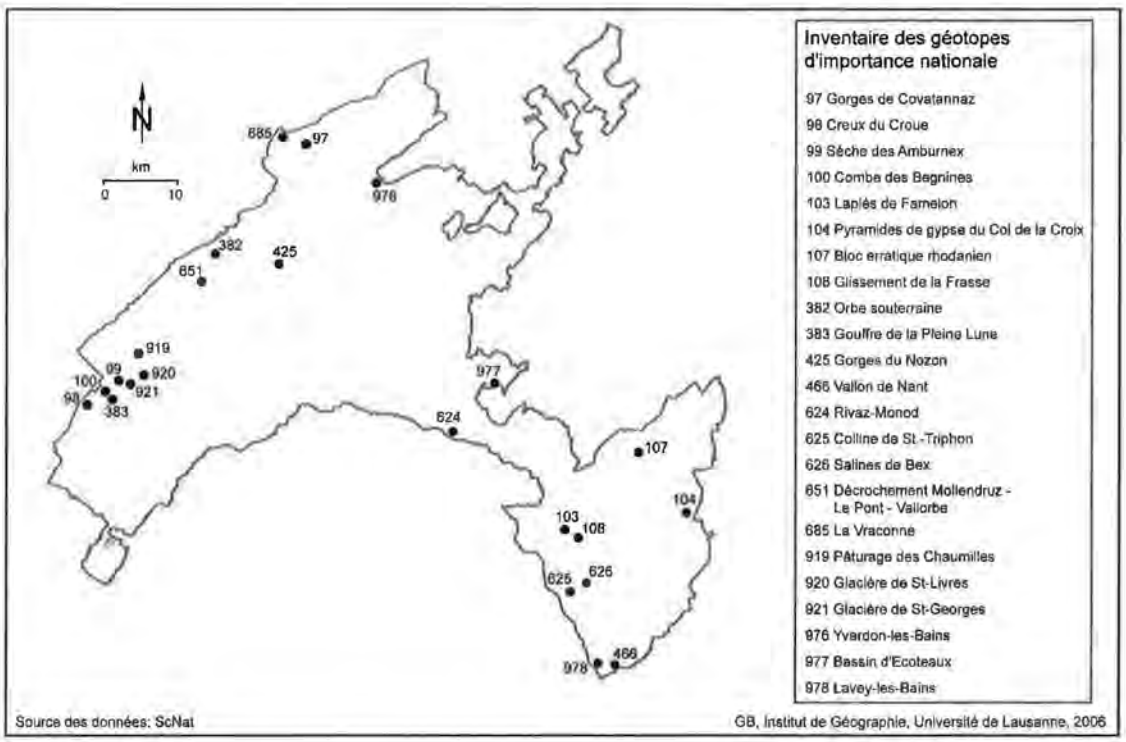
Carte 3.–Sites inscrits à l'inventaire fédéral des sites marécageux (en gris) et à l'inventaire fédéral des zones alluviales (en noir).

Torneresse à l'Etivaz (n° 226) ou les méandres de la Versoix (N° 118) ou de la Venoge (n° 121). Les inventaires fédéraux des hauts- et des bas-marais renferment également plusieurs sites vaudois dont le caractère de géotope est connu (par exemple La Vraconne, Ste-Croix; Creux du Croue, Arzier; Sèche de Gimel, Le Chenit, etc.).

Au final, on constate que de nombreux sites vaudois à caractère géologique ou géomorphologique bénéficient d'une protection indirecte au titre de différents inventaires cantonaux ou fédéraux (cartes 1 à 3). Toutefois, à l'exception des sites inscrits à l'inventaire fédéral des sites marécageux, sélectionnés explicitement sur la base de critères géomorphologiques et biologiques, les autres sites n'ont généralement pas fait l'objet d'une description exhaustive de leur valeur géologique. Par ailleurs, certains inventaires (IFP) sont peu contraignants. Ainsi, on ne peut pas considérer que cette protection indirecte est suffisante pour garantir une protection à long terme du patrimoine géologique et géomorphologique du canton.

3.3 L'inventaire des géotopes d'importance nationale

A la fin des années 1990, le Groupe de travail pour les géotopes en Suisse s'est engagé en vue d'établir une liste de géotopes d'importance nationale. La méthode d'évaluation des sites était basée sur une «démarche d'experts» (GRANDGIRARD 1999), c'est-à-dire sur la consultation de tous les milieux susceptibles de connaître et de s'intéresser aux géotopes. Les administrations fédérales et cantonales, les responsables de la protection de la nature, les sociétés scientifiques spécialisées, les enseignants, les chercheurs et géologues praticiens, les musées d'histoire naturelle ont ainsi reçu un formulaire d'enquête destiné à récolter les diverses propositions. Après examen des nombreuses propositions selon les critères de l' «intégrité», de la «rareté», de la «représentativité» et de la «valeur scientifique» (GRANDGIRARD 1999), 401 objets répartis sur l'ensemble du territoire suisse ont été retenus (ASSN 1999). Parmi ces derniers, 23 se situent sur territoire vaudois (carte 4). Issus des propositions de divers spécialistes et associations, les sites vaudois couvrent des objets à caractère géologique (par exemple 626: Salines de Bex, 977: Bassin d'Ecoteaux), géomorphologique (par exemple 100: Combe des Begnines, 104: Pyramides de gypse du Col de la Croix) ou encore spéléologique (par exemple 382: l'Orbe souterraine, 383: Gouffre de la Pleine Lune).



Carte 4.–Sites inscrits à l'inventaire des géotopes d'importance nationale.

Cet inventaire n'a pas été mené de manière systématique. C'était, pour l'Académie suisse des sciences naturelles, un moyen en vue de sensibiliser la population et les administrations à l'importance du patrimoine géologique. Cette action devait être suivie de la mise en œuvre d'un inventaire systématique au sens de la Loi fédérale sur la protection de la nature et du paysage (LPN). Un tel inventaire n'a toutefois jamais vu le jour, pour des raisons autant financières que politiques, la protection du patrimoine abiotique n'étant pas considérée comme une priorité par la Confédération. L'inventaire actuel n'a donc aucune force légale et les sites qui y sont inscrits ne jouissent d'aucune protection particulière.

Grâce au soutien financier de l'Académie suisse des sciences naturelles (ScNat) et de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV), le Groupe de travail pour les géotopes en Suisse est actuellement en train de réviser et de numériser cet inventaire. L'objectif principal est d'uniformiser, d'actualiser et de compléter les informations relatives aux 401 sites. En même temps, le tout est mis sur base de données. Dans le cadre de ce projet, qui devrait être achevé fin 2007, les sites vaudois sont revisités et réévalués par un ou plusieurs experts, selon leur(s) intérêt(s) pour les Sciences de la Terre. Selon les besoins, le groupe de travail contactera le canton et les diverses sociétés scientifiques pour obtenir des informations complémentaires sur des sites spécifiques. Dans une deuxième phase, une discussion plus large pourra être engagée sur la composition de la liste.

4. Conclusion

Ce bref article a permis de rappeler que la protection de la nature dans le canton de Vaud et en Suisse, a débuté par des actions en vue de protéger ce qu'autrefois on appelait les «monuments naturels». Dès les années 1930, les priorités de la protection de la nature –tant au niveau associatif qu'au niveau officiel– se concentrent sur la protection des habitats et le patrimoine abiotique passe peu à peu au deuxième plan. Actuellement, si certains types de géotopes (géomorphologiques, par exemple), bénéficient d'une protection indirecte sous le chapeau d'autres inventaires, d'autres types n'y figurent quasiment pas. C'est, par exemple, le cas des sites paléontologiques (Etat de Vaud, 2004, p. 55). De plus, aucun inventaire exhaustif n'a été réalisé à l'échelle du canton. Il s'ensuit une perte et une dilution des connaissances sur le patrimoine géologique et géomorphologique. C'est pourquoi il serait souhaitable que le canton – ou une autre instance – entreprenne un inventaire systématique de ces valeurs, des atteintes et des menaces, mais également des potentiels de valorisation, dans le domaine du tourisme par exemple. Un tel inventaire permettrait sans nul doute la (re)découverte de certaines particularités géologiques du canton, comme les Bons de Bière, ces sources boueuses du pied du Jura (Pilloud 2002), qui n'apparaissent dans aucun des inventaires cités dans cet article.

Références

Aubert D., 1989. La protection des blocs erratiques dans le canton de Vaud. *Bull. soc. vaud. sc. nat., 79/3*: 185-207.

ASSN, 1999. Inventaire des géotopes d'importance nationale. *Geol. Insubrica, 4/1*: 29-47.

Bachmann S., 1999. Zwischen Patriotismus und Wissenschaft. Die schweizerischen Naturschutzpioniere (1900-1938). Zurich, Chronos Verlag.

De Charpentier J., 1841. Essai sur les glaciers et sur le terrain erratique du bassin du Rhône. Lausanne, Ducloux.

Etat de Vaud, 2004. La Nature Demain – pour une politique cantonale de protection de la nature et du paysage. Lausanne, Etat de Vaud.

Favre A., Studer B., 1867. Appel aux Suisses pour les engager à conserver les blocs erratiques. Rheinfelden, Actes de la Société helvétique des sciences naturelles.

Favre A., Soret L., 1868. Rapport sur l'étude et la conservation des blocs erratiques en Suisse. *Einsiedeln, Actes de la Société helvétique des sciences naturelles*: 143-151.

Favre A., 1884. Carte du phénomène erratique et des anciens glaciers du versant nord des Alpes suisses et de la chaîne du Mont-Blanc. Berne, Commission géologique.

Grandgirard V., 1999. L'évaluation des géotopes. *Geol. Insubrica, 4/1*: 59-66.

Hintermann et Weber, 2001. La Nature Demain. Rapport de l'étude pour un projet d'inventaire et de protection des géotopes vaudois. Montreux, rapport non publié.

Pilloud V., 2002. Les Bons de Bière. Etude hydrogéologique et perceptive de l'eau dans la région du pied du Jura vaudois (Bière, Ballens et Mollens). Université de Lausanne, Institut de géographie, Mémoire de licence, non publié.

Reynard E., 2004a. Protecting Stones: conservation of erratic blocks in Switzerland, *in*: Prikryl R. (ed.) Dimension Stone 2004. New perspectives for a traditional building material, Leiden, Balkema, 3-7.

Reynard E., 2004b. L'évaluation des géotopes géomorphologiques en Suisse, *in*: Reynard E. et Pralong J.-P. (eds). Paysages géomorphologiques. Lausanne, Institut de géographie, *Travaux et recherches n° 27*: 137-149.

SCHARDT H., 1908. La Pierre des Marmettes et la grande moraine de Monthey. *Eclogae Geol. Helv.*, *10*: 555-566.

STUBER A., 1993. La géomorphologie dans le domaine de la protection de la nature et du paysage. Exemples d'applications cartographiques, *in*: SCHOENEICH P. et REYNARD E. (eds). Cartographie géomorphologique, cartographie des risques. Lausanne, Institut de géographie, *Travaux et recherches n°9*: 45-51.

STUBER A., 1997. Protection des géotopes. La dynamique engendre la diversité, *in*: GEIGER W. et STUBER A. (eds). Manuel de protection de la nature en Suisse. Lausanne, Delachaux et Niestlé, 83-92.

VISCHER W., 1946. Naturschutz in der Schweiz. Basel, SBN Verlag. ■

Géraldine Bissig est assistante diplômée à l'Institut de Géographie de l'Université de Lausanne

Emmanuel Reynard est professeur ordinaire à l'Institut de Géographie de l'Université de Lausanne

Géotopes, biotopes et paysages: vers un concept intégrateur du paysage

par Philippe Schoeneich

1. Introduction

La protection des milieux naturels en Suisse s'est construite progressivement par l'addition et la superposition de multiples mesures sectorielles, certaines très ponctuelles et localisées comme la protection des biotopes, d'autres couvrant de vastes ensembles comme les inventaires de paysages. Ces différents niveaux de protection n'étaient toutefois pas liés entre eux, et le plus souvent déconnectés de toute approche fonctionnelle des milieux. C'est pour réunir ces mesures sous une logique commune et pour leur redonner une cohérence qu'ont été élaborées la Conception Paysage suisse et les conceptions cantonales qui en découlent.

Vue sous cet angle, à savoir comme un concept intégrateur de tous les aspects de la protection de la nature, de l'environnement et du paysage, la Conception paysage suisse (OFEV 1998) se devait d'intégrer le concept de géotope. L'article qui suit est issu d'une réflexion menée dans le cadre des travaux préparatoires à la Conception paysage Vaud (HINTERMANN et WEBER 2001). Après un rappel sur la situation actuelle, il abordera l'intégration des géotopes dans la CPV du point de vue de la position des géotopes par rapport à l'ensemble paysage, ainsi que celui des relations des géotopes avec les autres éléments du paysage et en particulier les biotopes. Quelques exemples illustreront à la fois les difficultés et les synergies possibles résultant d'une approche intégrée de la conservation des milieux et des paysages.

2. La prise en compte actuelle des géotopes

Un géotope existe rarement seul et il est souvent associé à un biotope de valeur, quand il ne forme pas l'élément principal d'un paysage remarquable. Un grand nombre de géotopes sont ainsi plus ou moins protégés de fait, directement ou indirectement, explicitement (rarement) ou implicitement, par les divers inventaires, réserves naturelles et statuts liés existants. Plusieurs cas peuvent se présenter.

2.1 Divers cas

- Le hasard: un géotope de valeur se trouve dans le périmètre protégé sans entretenir aucun lien direct avec l'objet de la protection. Dans de tels cas, le statut de protection n'offre souvent aucune protection effective du géotope. Exemple: les géotopes inclus dans la réserve floristique du col du Pillon dont le périmètre recouvre un glissement rocheux spectaculaire, ainsi qu'un des rares glaciers rocheux actifs du canton. Cependant la définition de la réserve est exclusivement botanique.
- La convergence: les paysages de montagne ou les zones de nature sauvage sont généralement intéressants de plusieurs points de vue, et contiennent presque toujours aussi des géotopes de valeur. Dans la mesure où la zone jouit d'une protection d'ensemble, celle-ci couvre également les géotopes. Exemple: la Pierreuse et les vallées de l'Etivaz, qui contiennent notamment un ensemble remarquable de moraines et de glaciers rocheux fossiles.
- Les qualités intrinsèques: le géotope possède une valeur esthétique propre qui justifie son inscription à l'inventaire. Il est alors protégé pour lui-même, mais il se peut que ce soit pour ses qualités esthétiques et non pour sa valeur géologique. Exemple: les pyramides de gypse du col de la Croix.
- Le lien de causalité: le biotope protégé entretient une relation de dépendance génétique ou dynamique avec le géotope. Cette relation peut être explicitement reconnue et mentionnée (exemple: les sites marécageux des Mosses ou des Monod) ou, au contraire, être ignorée ou seulement implicite (exemple: le glacier rocheux fossile du Larzey).
- Le concept de protection intégrateur: c'est un système naturel dans son ensemble qui est considéré. Exemple: le PAC Venoge.

2.2 Conclusion sur l'analyse de la situation actuelle:

L'examen des objets géologiques protégés montre que:

- seuls certains types de géotopes ont été pris en compte;
- certains types de géotopes, dont la protection est aujourd'hui reconnue comme nécessaire, sont totalement absents des sites inventoriés (les sites paléontologiques par exemple);
- les géotopes explicitement reconnus comme tels sont presque exclusivement inventoriés par le biais

La Venoge – un géotope actif à multiples facettes

Un bon exemple de la problématique des géotopes actifs est constitué par les méandres de la Venoge.

S'agissant d'un phénomène mobile par essence, la préservation de cette mobilité à moyen et long terme passe par la réservation d'un espace de divagation libre de toute construction. C'est dans cette optique que le concept géomorphologique de « ceinture de méandres » a été proposé comme base pour définir une zone réservée inconstructible, un peu à la manière des alignements (Schoeneich 1991).

Si le principe de la préservation d'une dynamique d'évolution naturelle de la Venoge est explicitement admis dans les objectifs du PAC Venoge, sa traduction dans les mesures n'est qu'indirecte: le « couloir » de la Venoge se fonde sur l'idée de vallée, y compris les versants, tandis que la « bande de 30 m », bien que dérivée de l'idée initiale de la ceinture de méandres, apparaît comme une mesure normative désincarnée, analogue à la distance aux limites, ou encore comme une simple zone tampon (par ailleurs parfaitement justifiable par des arguments biologiques, hydrologiques et autres). Par son côté normatif, elle ne prend pas en compte la diversité de forme et d'amplitude des méandres.

Cette dénaturation du concept initial est révélatrice de la difficulté à intégrer la notion de mobilité propre à certains phénomènes naturels dans la gestion du territoire.

Deux tronçons à méandres libres particulièrement intéressants sont classés comme zones alluviales d'importance nationale, et bénéficient de ce fait d'une protection supplémentaire. Il s'agit cependant d'un inventaire avant tout botanique, dans lequel, et malgré la dépendance évidente avec la dynamique hydrologique et fluviale, la nécessité de préserver cette dernière n'est pas explicitement prise en compte. Entre les deux tronçons précités, la Venoge présente par ailleurs un cours à méandres libres tout aussi intéressant sur le plan géomorphologique, mais qui ne figure pas à l'inventaire en raison d'un intérêt botanique moindre.

La plus grande partie des secteurs à méandres se situe en outre en forêt et est donc protégée, mais à nouveau indirectement, par la loi forestière. Protection toute relative d'ailleurs, puisque la préservation des forêts riveraines contre l'érosion a donné lieu dans le passé à des renforcements de berges, malgré une valeur économique généralement faible.

On pourrait donc conclure que la liberté d'évolution des méandres est suffisamment garantie par l'ensemble des mesures existantes. Toutefois, l'absence du concept de géotope et de mesures faisant explicitement référence à la dynamique propre du phénomène pourrait permettre des dérogations finalement contraires à la conservation à moyen et long terme de la mobilité des méandres et, donc, à l'objectif de protection.

Un autre point concerne la présence des castors: ceux-ci abattent parfois d'assez grands arbres en travers du cours d'eau, arbres qui sont en général enlevés pour permettre l'écoulement sans entrave des crues. D'autres arbres tombent suite à l'érosion des berges. Or, les embâcles provoqués par la chute d'arbres dans le chenal peuvent provoquer des inondations, souhaitées, de la zone alluviale, et sont un facteur d'évolution naturelle des méandres. Mais on se trouve là devant un cas de pesée des intérêts où la sécurité hydraulique, généralement prioritaire, s'oppose à l'intérêt naturel.

Enfin, l'encaissement relativement important des méandres par rapport aux alluvions et la très forte activité érosive pourraient laisser penser que, du fait d'une tendance à la torrentialité, le régime actuel n'est plus en équilibre avec ses méandres. Ce point demanderait vérification par des calculs et par une modélisation hydrauliques. De ce point de vue, les efforts de gestion hydrologique actuellement entrepris doivent être considérés comme positifs également pour la conservation des méandres.

En définitive, la protection est insatisfaisante du point de vue des géotopes, surtout parce qu'elle n'est pas explicite. S'agissant d'un géotope actif, la question de la dynamique du processus responsable, ici le régime hydrologique, doit en outre être impérativement prise en compte.

Figure 1.–Méandre de la Venoge

des inventaires paysagers qui ne leur offrent qu'une protection toute relative;

- dans la grande majorité des cas, la protection est indirecte et implicite.

En résumé, le hasard –ou la nature– fait bien les choses, et la protection des biotopes et des paysages a préservé de nombreux géotopes, mais la situation est insatisfaisante du fait de l'absence de reconnaissance formelle des géotopes et surtout de l'absence de mesures spécifiques. De ce point de vue, la procédure mise en place pour les sites marécageux et les PAC comme celui de la Venoge, qui abordent les paysages dans leur globalité, représentent un réel progrès. Il est cependant nécessaire de mieux conceptualiser les liens entre géotopes, biotopes et paysages.

3. Géotopes et paysages

Dans un pays comme la Suisse, le paysage naturel n'existe qu'en haute altitude, dans les milieux minéraux, là où les activités humaines sont limitées. Partout ailleurs, le paysage est un produit à la fois naturel et culturel. Comprendre un paysage implique donc d'en comprendre ce double aspect. La structure géologique et les formes géomorphologiques constituent le substrat du paysage en même temps qu'ils en racontent la genèse à l'échelle des temps géologiques. Sur ce substrat se développe la vie avec sa composante humaine. La notion de géotope intervient donc une première fois ici comme élément de compréhension du relief et de la mise en place du paysage.

Du point de vue de la structure du paysage, le géotope peut s'insérer à différents niveaux qu'il convient de hiérarchiser comme suit:

Exemple du Lac Rond – un raté de la protection des biotopes
Le cas d'Argnaule est un exemple malheureux des conséquences d'une protection centrée sur les seuls biotopes, qui a mené à la dégradation d'un géotope remarquable.
Le site d'Argnaule est un des exemples d'amphithéâtre morainique les plus remarquables des Préalpes, lié à une réavancée d'un petit glacier local au début du Tardiglaciaire. Les deux lacs, le Lac Pourri et le Lac Rond, sont des lacs de barrage morainique.
Les deux lacs constituent une réserve naturelle mais, visiblement, la négociation de protection du site avec l'armée a porté essentiellement sur la protection des lacs et des gazons flottants du Lac Rond, ainsi que sur l'intégrité paysagère vue depuis les lacs. On a, par contre, laissé construire une route d'accès avec d'importants murs de soutènement sur le flanc extérieur du complexe morainique et des places de tir bétonnées sur sa crête. Le géotope est ainsi défiguré, ce qui est particulièrement visible depuis la région des Tours d'Aï.
Or c'est l'ensemble moraines et lacs qui aurait dû être considéré et préservé. Le concept de paysage marécageux, tel qu'appliqué au cas des Mosses, représente un réel progrès dans ce sens puisque les moraines y sont intégrées comme indissociables des marais qu'elles ont contribués à former.

Figure 2.–La moraine d'Argnaule, le Lac Rond et le Lac Pourri, vus du col de Mayen.

La gravière de Bioley-Orjulaz – une occasion manquée
La gravière de Bioley-Orjulaz est un bel exemple d'occurrence de graviers fluvio-glaciaires sous la moraine de fond de la dernière glaciation, et constitue un des sites de référence pour la datation de la phase d'avancée du dernier maximum glaciaire. Le front de taille Nord, tel qu'il se présentait en 2001, était particulièrement démonstratif de cette situation et aurait mérité d'être conservé visible.
Mais ce type de géotopes, dans des dépôts quaternaires non consolidés, se dégrade très rapidement sous l'action des intempéries et de la végétalisation. Ils ne restent vraiment « lisibles » qu'en condition d'exploitation.
Or, la gravière de Bioley-Orjulaz était également un site de nidification pour les hirondelles de rivage, qui creusaient leurs nids dans les lentilles de sable intercalées dans les graviers sous-morainiques, et pour le gravelot, qui nichait au sol dans les surfaces graveleuses nues.
Le rafraîchissement périodique du front de taille contribuait donc à la fois à entretenir de bonnes conditions de nidification pour les oiseaux, à renouveler les espaces pionniers pour la végétation et à maintenir une bonne lisibilité du géotope.
Ici, les intérêts de la protection de la faune, des biotopes et des géotopes se rejoignaient. Si cette convergence était le fait d'un heureux hasard, sa prise en compte dans un concept intégré de gestion du site aurait pu permettre de maintenir à la fois le site de nidification et le géotope. Malheureusement, le projet de remise en état de la gravière était déjà engagé et le site est aujourd'hui comblé, au nom du «paysage».

Figure 3.–Le front de taille N de la gravière de Bioley-Orjulaz en 2001.

• le géotope peut constituer en lui-même un paysage à part entière. C'est le cas, par exemple, des grandes zones de lapiés comme le Lapié de Famelon. Dans ce cas, les notions de géotope et de paysage se confondent, bien que le second puisse contenir en plus des éléments de végétation spécifiques;

• le géotope peut être un élément structurant du paysage comme les géotopes structuraux de grande dimension, tels une structure plissée, un banc rocheux, un pli remarquable. Le géotope n'est ici manifestement pas menacé dans son existence physique, et sa protection en tant que seul objet n'aurait pas de sens. L'intérêt du géotope réside avant tout dans sa visibilité et dans son intégration dans le paysage auquel il contribue à donner son caractère particulier. Ce sont cette visibilité et ce caractère qui pourraient être menacés par des constructions ou des installations mal intégrées au paysage. On est donc ici dans une problématique entièrement paysagère, et ce type de géotope sera le mieux géré par le biais d'un inventaire paysager, à condition que le géotope et les caractères qui en font la valeur soient expressément mentionnés dans les objectifs de protection dudit paysage;

• le géotope, élément constitutif du paysage. Il s'agit généralement d'objets géomorphologiques ou géologiques d'une certaine dimension dont l'intérêt est augmenté par leur intégration dans un ensemble paysager remarquable. Le géotope a une valeur propre et réclame des mesures en tant que tel; en même temps, il ajoute une signification au paysage et doit être intégré en tant que tel dans la définition de ce dernier. Ce type d'objet pourrait être géré par une notion de paysage intégré, à créer;

• les géotopes ponctuels indicateurs. Bien que ponc-

tuels, les blocs erratiques n'ont de réelle signification qu'intégrés au paysage morainique dont ils fournissent une clé de lecture. Une source karstique, bien que ne constituant pas en elle-même un paysage, est révélatrice des caractéristiques hydrogéologiques de ce paysage. La fragilité relative de ces géotopes nécessite une gestion comme objets spécifiques, en même temps qu'une intégration dans la notion de paysage.

• Les géotopes ponctuels constitutifs, tels que les gîtes fossilifères et les stratotypes font partie des géotopes ponctuels constitutifs. Ils ont une valeur intrinsèque et indépendante de leur contexte. Ils gardent toute leur valeur même dans un environnement paysager totalement dégradé. Ces géotopes doivent être gérés en tant qu'objets spécifiques; ils ne participent pas directement du paysage.

4. Géotopes et biotopes

Quels types de liens existent entre géotopes et biotopes? Nous en avons distingué quatre.

• Le lien purement contextuel: dans de nombreux cas, des géotopes participent de l'intérêt d'une zone, par ailleurs de grande valeur, du point de vue de la faune ou de la flore, mais sans qu'il y ait de lien causal entre eux. La problématique est alors essentiellement paysagère et relève des réflexions ci-dessus.

• Le lien génétique: le géotope peut aussi être directement à l'origine du biotope. Les exemples sont nombreux: marais barrés par des moraines (région du col des Mosses) ou installés dans d'anciens chenaux fluviatiles ou fluvio-glaciaires (marais des Monod), végétation liée à un substrat particulier (le Larzey) ... Dans ce cas, géotope et biotope sont à considérer comme un tout indissociable, chacun ne prenant toute sa valeur que par rapport à l'autre.

• Le lien dynamique: le géotope et le biotope sont en interaction dynamique l'un avec l'autre, parfois aussi à sens unique, le biotope étant dépendant du géotope. C'est le cas, en particulier, des zones alluviales ou des zones de végétation pionnière, dont la végétation caractéristique ne peut se maintenir que si la dynamique hydrologique, respectivement géomorphologique, est maintenue. Le maintien de la dynamique du processus du géotope est alors indispensable à la préservation du biotope et le concept de gestion devra intégrer des mesures dans ce sens. Ces mesures peuvent avoir des implications qui vont bien au-delà du périmètre du géotope.

• Le lien conflictuel: c'est le cas, en particulier, lorsqu'un processus actif tend à détruire un biotope de grande valeur, comme à la Grande Cariçaie, par exemple. L'érosion du rivage est un processus naturel et on pourrait argumenter qu'il s'agit d'un des derniers rivages lacustres en évolution dynamique. L'intérêt du biotope est toutefois tel que la priorité donnée à sa conservation justifie la lutte contre le processus érosif, d'autant plus que les processus propices à la régénération de tels biotopes ont été partout contrôlés.

5. Géotopes et dangers naturels

Les géotopes actifs entretiennent des relations souvent conflictuelles avec la gestion du territoire, du fait qu'ils peuvent constituer un danger naturel.

• Les géotopes érosifs: les géotopes actifs sont souvent, par nature, des processus érosifs (exemple: les méandres d'une rivière) voire destructeurs (exemple: les glissements de terrain), et leur protection se heurte alors à la gestion des dangers naturels. Il se pose un net problème d'acceptation par rapport à un phénomène perçu négativement. D'un autre côté, à l'heure où les gestionnaires des dangers naturels se plaignent de la perte de la «culture du risque», il est important d'offrir au public la possibilité de voir ces processus à l'œuvre, si possible dans des situations où ils ne constituent pas une menace.

• Les géotopes mobiles: les géotopes actifs sont parfois mobiles (exemple: les méandres d'une rivière), ce qui peut être problématique dans le cadre d'une gestion du territoire planificatrice. La gestion du géotope doit alors intégrer l'évolution prévisible du phénomène.

6. Géotopes et exploitation des ressources

L'exploitation des ressources géologiques est une activité créatrice de géotopes. Deux cas principaux peuvent se présenter.

• Les géotopes «géohistoriques». Ces géotopes relèvent également de la composante culturelle liée aux activités humaines dans le paysage. Ils témoignent de l'exploitation ancienne ou récente des ressources géologiques. A ce titre, ils ne doivent pas être considérés seulement comme des «balafres» dans le paysage, mais comme des éléments constitutifs de son histoire. La gestion de ces géotopes rejoint celle du patrimoine industriel.

• Un cas intermédiaire des géotopes révélés par l'homme est représenté par les géotopes naturels mis

au jour par exploitation artificielle, par exemple dans les gravières. Ces géotopes se dégradent souvent naturellement et nécessitent un entretien. La gestion de ces sites rejoint celle des biotopes pionniers et peut être gérée par des mesures semblables.

7. Géotopes et patrimoine culturel

Dans les monuments historiques: les matériaux de construction, pierres de carrière, briques, tuiles, contribuent à donner leur caractère aux paysages, par la «couleur» des bâtiments. Ceux-ci ne sont pas à proprement parler des géotopes, mais ils contribuent à donner un sens aux géotopes géohistoriques tels que les carrières ou les tuileries. La gestion de ces objets relève des recensements architecturaux et de la protection des monuments historiques.

8. Géotopes et archéologie

Les mégalithes sont souvent à l'origine des blocs erratiques utilisés sur place ou déplacés sur des distances probablement assez faibles. S'il ne s'agit plus à proprement parler de géotopes, ils gardent néanmoins une valeur indicative par rapport au phénomène glaciaire. La gestion de ces objets relève de la protection des sites archéologiques.

9. Conclusion

Comme on le voit, les géotopes, loin d'être des objets isolés, entretiennent des relations multiples avec notre environnement et nos paysages naturels et anthropiques. Ce serait donc une erreur de vouloir les gérer pour eux-mêmes de façon sectorielle. C'est par une approche intégrée et multifonctionnelle du paysage qu'ils dévoileront le mieux leur richesse et leur valeur. L'ensemble de la conservation du milieu a d'ailleurs tout à gagner d'un tel concept intégrateur: dans tel cas, la prise en compte du géotope viendra expliquer la présence d'un biotope; ailleurs, elle donnera son sens à un paysage, ailleurs encore un biotope rare viendra renforcer la valeur d'un géotope. Elle aurait surtout le mérite d'être plus conforme à une approche systémique du milieu naturel et du paysage telle qu'elle est préconisée par les sciences aujourd'hui.

Bibliographie sommaire

Office fédéral de l'environnement, 1998. Conception «paysage suisse». Rapport public.

La nature demain. Pour une politique cantonale de protection de la nature et du paysage. Etat de Vaud, Service des forêts, de la faune et de la Nature, 2003.

HINTERMANN et WEBER, 2001. La Nature Demain. Rapport de l'étude pour un projet d'inventaire et de protection des géotopes vaudois. Montreux, rapport non publié

SCHOENEICH P, 1991. Conservation des méandres de la Venoge. Approche géomorphologique. Définition du concept de base et de la méthode + Secteur Moulin du Choc-Saint-Germain. Mandat du SAT, 2 rapports non publiés. ■

Philippe Schoeneich est professeur à l'Institut de Géographie Alpine de l'Université de Grenoble

La Pierreuse, un paysage pétrifié par le temps

par Michel Marthaler

Introduction: les trois longues histoires du paysage

L'histoire de notre planète est inscrite dans les roches et les paysages du canton de Vaud. Elle est particulièrement bien visible dans les régions montagneuses, soit les régions du Jura, des Préalpes et des Alpes. Dans le cadre de la valorisation des géotopes vaudois, une promenade dans la réserve de la Pierreuse, au Pays-d'Enhaut, offre un exemple de paysages, de roches et de formes qui racontent une histoire de plus de 200 millions d'années. Les Préalpes vaudoises sont également une des régions-clé de l'histoire de la géologie car c'est là que Hans Schardt découvrit et publia en 1893 sa nouvelle théorie sur les nappes des Préalpes (MASSON 1976). Le présent article résume un des itinéraires culturels paru dans le guide «Aux lumières du Lieu» dirigé par Pierre Starobinski et paru en 2004 aux éditions LEP (Loisirs et Pédagogie, Le Mont-sur-Lausanne). Cette balade en 12 étapes ouvre donc sur la très longue durée puisqu'elle invite à parcourir, comme c'est souvent le cas dans les montagnes, des millions d'années de notre planète. En géologie, le temps et les événements planétaires sont inscrits dans l'espace.

De Château-d'Œx, la vue sur la Gummfluh, le Rocher Plat ou le Rocher du Midi nous fait voir des strates, des couches de dolomies et de calcaires inclinées vers le nord (Fig. 1). Ce paysage ne peut s'expliquer qu'en faisant appel à 3 trois longues histoires successives (KRAMAR *et al* 2004, PRALONG 2004)

La première et la plus longue est celle de la fabrication des roches dans la mer Téthys, entre -240 et -50 millions d'années. Parmi les organismes producteurs de calcaires, les coraux ont une place privilégiée car ils existent depuis plus d'un milliard d'années ! En comparaison, les fossiles découverts au pied de la Gummfluh sont jeunes puisqu'ils datent de 200 millions d'années, soit le début du Jurassique. (Fig. 2)

La deuxième histoire est celle des mouvements, des forces qui constamment animent notre planète. Dans les Alpes et les Préalpes, elle est surtout révélée par les plis, les failles et les chevauchements qui datent de l'ère tertiaire, entre -50 et -30 millions d'années.

Figure 1.–Croquis de A. Lombard (*in* FAVRE 1959, mise en couleur: MARTHALER 2004), mêlant panorama au-dessus de Château d'Œx et coupes géologiques. Il montre comment les couches sédimentaires visibles en surface se prolongent à l'intérieur des montagnes.

Figure 2.–Coraux fossilisés au pied de la Gummfluh, au nord du Col de la Minaude. Cet ancien récif date du Lias, le début du Jurassique, vers –200 millions d'années.

C'est à cette époque principalement que toutes les couches déposées dans la mer Téthys ont été déplacées, plissées et basculées. On peut aisément l'observer de Château-d'Œx ainsi que tout au long de la balade proposée.

Enfin, la troisième histoire, celle de l'érosion et des dépôts du Quaternaire, est plus proche de nous puisqu'elle a vu les humains apparaître et le climat se refroidir, il y a un million d'années. C'est donc surtout la glace qui a creusé les vallées et sculpté la morphologie des montagnes. Le gel et le dégel sont aussi responsables, comme la pluie et le vent. En résumé, la forme des montagnes est incroyablement plus jeune que les roches qui les constituent. La pierre garde immuablement son âge vénérable, alors que la forme évolue constamment. Victor Hugo disait très justement: «Une ruine de montagne est toujours une montagne».

Quelques étapes de la promenade

Tout au long de la montée, dans le vallon de la Gérine, on observe bien, sur notre gauche, les couches inclinées vers le nord du Rocher Plat (Fig. 3) et celles du Rocher Pourri qui lui font suite. Ce premier sommet ne porte pas bien son nom puisque c'est un empilement de sédiments marins qui penche. Entre les deux sommets, de droite à gauche, on traverse 80 millions d'années d'histoire marine de la Téthys, soit du Trias (-220 millions d'années) au Jurassique (-140 millions d'années).

On remarque aussi que la Gummfluh (Fig. 4) semble «blessée» par une tache rouge sur la gauche de sa forme pyramidale. Plus haut dans la montée, vers 1600 m, on est frappé encore plus par cette teinte qui se cantonne dans un couloir nommé «Chenau Rouge». Cette couleur rouge lie de vin est révélatrice d'une des époques les plus chaudes qu'ait connu notre pla-

Figure 3.–Du Rocher Plat à droite au Rocher Pourri, on traverse 80 millions d'années de dépôts calcaires déposés horizontalement, millimètre par millimètre, au fond de la mer et qui ont été ensuite basculés puis soulevés pour former ces sommets.

nète: c'était à la fin du Crétacé et au début du Tertiaire (il y a 70 à 60 millions d'années), lorsque de nombreuses espèces vivantes ont disparu. Le climat y était torride et tropical, les terres émergées couvertes d'une cuirasse ferrugineuse (comme en Afrique équatoriale aujourd'hui). Les fleuves et les rivières transportaient des argiles rouges jusque dans la mer où ces sédiments se mélangeaient aux calcaires et se déposaient jusque très loin au large des côtes. On a ici, au cœur des montagnes, un précieux témoignage de cette époque tropicale qui a vu mourir les dinosaures.

Si l'on regarde maintenant attentivement les nuances de couleurs des roches de part et d'autre du couloir, on constate à droite un gris-bleu, des roches massives formant des parois très lisses et abruptes, alors qu'à gauche ce sont de fines couches beige à jaune paille. Ces couleurs, gris-bleu, rouges, beiges expriment le temps géologique qui s'est inscrit dans les pierres (notre première histoire). De plus, une faille chevauchante sur la gauche du couloir mélange les cartes du temps. La chronologie commence à gauche, car les roches beige datent du Trias, le début de l'ère secondaire. A cette époque, la mer était chaude et peu profonde, l'évaporation favorisant le dépôt de dolomie , dont la couleur beige clair est caractéristique. Puis, il faut sauter à droite, dans les roches calcaires massives gris bleu qui forment tout le massif de la Gummfluh: elles datent déjà de la fin du Jurassique, la période du Malm. Le paysage avait changé, la mer, devenue un océan, était plus large et plus profonde. L'eau y était limpide, favorisant la précipitation du calcaire presque pur. Puis vient le temps des Couches Rouges du couloir; le climat a changé, la largeur de la mer Téthys s'est mise à rétrécir au cours du Crétacé. L'ère tertiaire va voir la disparition de cette mer et le choc Europe-Afrique (MARTHALER 2003) va déplacer des masses de sédiments marins les uns sur les autres, comme ici les strates beiges du Trias sur les «Couches Rouges» du Crétacé.

Le point culminant de la balade est le col de la Minaude, à 1715 m. Au nord et à l'est, la vue est déga-

Figure 4.–La paroi nord de la Gummfluh, en calcaires massifs datant du Malm (fin du Jurassique, 150 millions d'années) avec à gauche avec son névé, la tache rouge due à un placage des Couches Rouges du Crétacé terminal (65 millions d'années).

gée sur la chaîne des Préalpes, alors qu'en direction du sud, les hautes parois du Biolet barrent le regard vers le ciel. Le vertige prend lorsque l'on songe que c'est le fond de la mer qui a basculé à la verticale. Ce sont les mêmes couches déjà observées plus bas, sur la droite du couloir de la Chenau Rouge, qui datent de 150 millions d'années, la période du Malm. L'érosion a ici enlevé les couches de couleur rouge qui étaient plaquées sur les calcaires gris. Elles sont peut-être sous nos pieds, cachées par les éboulis.

La descente nous amène à observer quelques phénomènes plus récents, datant de l'ère quaternaire: éboulement chaotique, ancien glacier rocheux, moraine. En arrivant au pâturage du Gourd de la Plane, on découvre un gros bloc erratique qui tient depuis peu compagnie à une petite fontaine. Ce sont les glaces qui, en fondant, l'ont abandonné là, il y a quelque 11'000 ans.

En guise de conclusion, cette promenade dans l'histoire de notre planète illustre à quel point les temps des hommes et de la terre sont sans commune mesure. Heureusement, les montagnes sont là pour nous aider à percevoir cette différence. Elles font donc partie de notre patrimoine qui, du coup, s'élargit immensément dans le temps et l'espace.

Bibliographie sommaire

FAVRE B., 1959. La Pierreuse, réserve vaudoise. Editions de La Pierreuse, Château d'Œx.

KRAMAR N., PRALONG J.P. et MARTHALER M., 2004. Le concept de cycle orogénique utilisé comme outil didactique. Compte-rendu du colloque de Nice sur la didactique et la valorisation des Sciences de la Terre.

KRAMAR N. et PRADERVAND B., 2004. D'Ollon à St-Triphon, Etats de Pierre. *In*: Guide Aux Lumières du Lieu, 15 itinéraires culturels dans les Alpes vaudoises, le Chablais et le Pays-d'Enhaut. Editions LEP, Le Mont-sur-Lausanne.

MARTHALER M., 2003. Le Cervin est-il africain ? Une histoire géologique entre les Alpes et notre planète. Editions LEP, Le Mont-sur-Lausanne.

MARTHALER M., 2004. La Pierreuse, un paysage pétrifié par le temps. *In*: Guide Aux Lumières du Lieu, 15 itinéraires culturels dans les Alpes vaudoises, le Chablais et le Pays-d'Enhaut. Editions LEP, Le Mont-sur-Lausanne.

MASSON H., 1976. Un siècle de géologie des Préalpes: de la découverte des nappes à la recherche de leur dynamique. *Eclogae geol.Helv., 69/2*: 527-575.

PRALONG J.P., 2004. Les Plis du temps: découvrir la mer par la montagne. Pont-de-Nant – Col des Perris-blancs – Javerne. *In*: Guide Aux Lumières du Lieu, 15 itinéraires culturels dans les Alpes vaudoises, le Chablais et le Pays-d'Enhaut. Editions LEP, Le Mont-sur-Lausanne. ■

Michel Marthaler est géologue, professeur associé à l'Institut de Géographie de l'Université de Lausanne

Les «géotopes» du Chemin des Blés

par Micha Schlup

Si vous avez envie de découvrir que derrière les champs de blé du Gros de Vaud se cachent les rivages d'une ancienne mer parsemée de requins, des plages riches en débris de coquilles ou encore des marécages habités par des hippopotames, je vous invite à découvrir les sites géologiques du Chemin des Blés[1]. Même si ces lieux ne sont officiellement pas répertoriés sur la liste des géotopes vaudois, j'estime qu'ils ont, au travers d'un certain nombre de critères (intégrité, intérêt pédagogique, valeurs paléogéographiques et culturelles), tout autant d'importance que les sites classés dans le patrimoine naturel.

1. Le site géologique d'Ogens-Oppens: géotope pédagogique

Ce site relativement intègre est constitué d'un magnifique affleurement de molasse d'eau douce inférieure (LABHART et DECROUEZ 1997). Il se situe à la frontière des communes d'Ogens et Oppens, au bord de la Mentue (Fig. 1). Cette fenêtre sur l'histoire géologique du Plateau Suisse nous a été offerte grâce au creusement du vallon par la Mentue lors de ces 10'000 dernières années (un laps de temps très court comparé à l'âge de cette molasse). On y trouve une alternance de roches déposées dans des rivières et leurs deltas voici environ 25 millions d'années: des grès (sables consolidés), des limons et des argiles. Tout ce matériel provenait des jeunes Alpes en train de se soulever.

L'intérêt de ce site réside dans le fait qu'il est possible d'expliquer la formation de ses roches en observant tout simplement la rivière qui coule à nos pieds. En effet, des phénomènes similaires à ceux d'il y a 25 millions d'années, sur une plus petite échelle spatiale, se produisent devant nos yeux; il s'agit de l'érosion et de la déposition de matériel par l'eau. En examinant l'affleurement, on pourra donc déduire par analogie que les limons se sont déposés dans un milieu à faible courant, tandis que les grès sont indicateurs de fort courant. Grâce aux alternances de roches, on remarquera que différents milieux fluviatiles se sont succédés et qu'en conséquence, les dépôts molassiques révèlent une histoire sédimentaire très variée.

En 2005, la valeur pédagogique de ce site s'est considérablement accrue par la pose, à proximité, de panneaux didactiques conçus par M. Marthaler, P. Gabriele et moi-même. En premier lieu, ces panneaux montrent que la molasse n'est en fait pas qu'une roche faite de sable, mais qu'il s'agit d'une grande famille de roches sédimentaires âgées de 30 à 10 millions d'années. Le visiteur prend ainsi conscience que derrière ces dépôts se cache une longue histoire, parsemée de paysages et de conditions climatiques fort différents de ceux d'aujourd'hui. En quelques images et lignes, on effectue de la sorte un voyage dans le temps et l'espace. En second lieu, ces panneaux nous projettent à une échelle plus vaste qui est celle de la tectonique des plaques. Ce concept est nécessaire pour comprendre la formation des Alpes qui se trouve être à l'origine des dépôts molassiques. Finalement, les panneaux nous ramènent à l'échelle du Plateau pour nous expliquer comment les immenses glaciers qui recouvraient une bonne partie de la Suisse durant le Quaternaire (les deux derniers millions d'années) ont modelé le paysage du Gros de Vaud.

Depuis la pose de ces panneaux, je fréquente régulièrement ce lieu pour y guider des randonneurs, mais aussi des personnes à mobilité réduite; il est en effet facilement accessible grâce à une route forestière[2]. En un court laps de temps (une à deux heures), ces excursions permettent de donner une excellente introduction à la géologie régionale et aux principes fondamentaux des sciences de la terre. En raison de toutes ces caractéristiques et notamment pour sa «lisibilité géologique», je considère ce site comme un géotope pédagogique.

2. La carrière à meules de Chavannes-le-Chêne et les abris-sous-roche du Vallon des Vaux: géotopes culturels

Aux confins du canton, sur la commune de Chavannes-le-Chêne, subsiste une carrière gallo-romaine de meules[3] (Fig. 2). De prime abord les roches semblent être de simples grès mais, si on s'y intéresse de plus près, on remarque qu'elles ne sont pas si banales que cela. Elles recèlent en effet de nombreux débris de coquilles calcaires. Plus précisément, il s'agit du grès

«Documents» de l'Association pour le patrimoine naturel et culturel du canton de Vaud, n° 9, 2007.

[1]Le Chemin des Blés est une association qui a pour but d'animer un chemin pédestre dans la Broye, le Gros de Vaud et le Jorat. Elle propose de nombreuses activités culturelles, ludiques et sportives, et cherche notamment à développer le tourisme rural. Site internet: http://www.chemindesbles.ch

[2]Pour l'intégrité du site, elle est heureusement interdite à la circulation générale.

[3]De ce terme est notamment tiré le nom de «molasse».

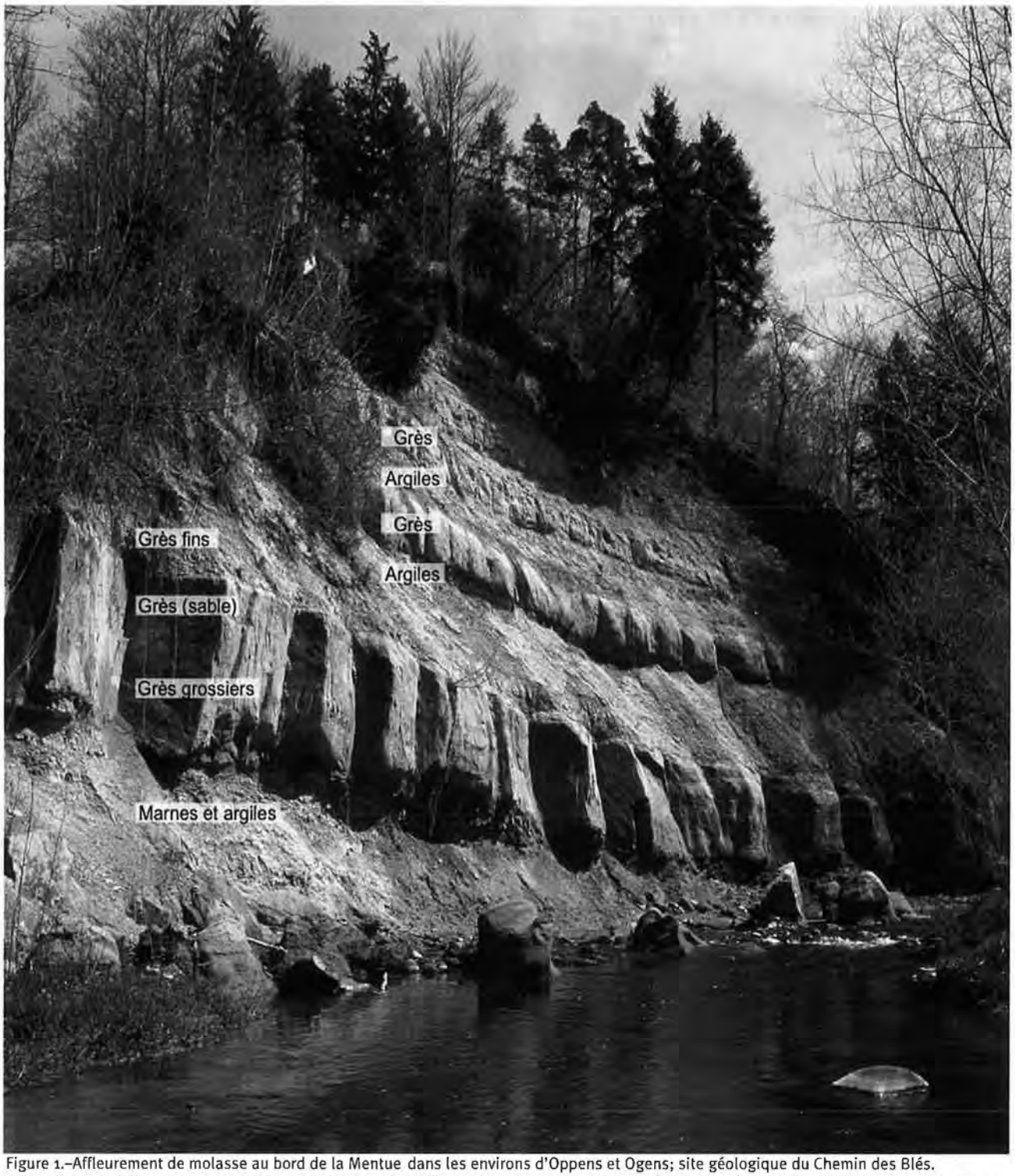


Figure 1.–Affleurement de molasse au bord de la Mentue dans les environs d'Oppens et Ogens; site géologique du Chemin des Blés.
Il faut d'abord réaliser que cette vision n'est qu'une toute petite fenêtre ouverte sur l'espace (et le temps) occupé par les couches géologiques. Celles-ci se prolongent jusqu'à environ deux kilomètres sous nos pieds, et sur plusieurs centaines de kilomètres à travers tout le Plateau suisse (ou Moyen-Pays).
Chaque couche enregistre un changement dans la dynamique des fleuves et des rivières. Les grès (sable durci) sont témoins des crues alors que les argiles et les limons témoignent des périodes de décrue suite aux inondations.
Photo et texte du site «Le Chemin des Blés: un paysage, 25 millions d'années d'histoire».

Figure 2.–Vue générale de la carrière de meules, suite à l'intervention archéologique en 2001. Photo Fibbi-Aeppli, Grandson.

coquillé qui était très apprécié pour la fabrication des meules. En raison de l'abondance des grains de quartz, cette roche est en effet très abrasive. De plus, elle contient du ciment calcaire fourni par les coquilles; en l'absence de ce matériel, cette roche s'effriterait facilement et serait inutilisable pour le broyage des grains de céréales. Cette ancienne exploitation confère donc à ce site une forte valeur culturelle.

Par rapport à la molasse d'Ogens-Oppens, nous avons complètement changé d'environnement. Des rivières, nous sommes passés au rivage d'une mer. Au temps de la formation du grès coquillé, le paysage ressemblait probablement aux actuelles Bahamas. En fait, nous n'avons pas seulement voyagé dans l'espace, mais nous avons également parcouru le temps. Les sédiments que nous observons aujourd'hui appartiennent à la molasse marine supérieure qui s'est déposée voici 20 millions d'années, à l'époque où un bras de mer étroit se situait au pied des Alpes (LABHART et DECROUEZ 1997).

Comme pour le site d'Oppens-Ogens, des panneaux sur la formation de la molasse et l'exploitation des meules ont été installés. Outre ce type de valorisation, je guide de temps à autre des randonneurs le long d'une grande boucle qui passe par la carrière à meules, le village de Chêne-Pâquier et le Vallon des Vaux. Ce vallon possède d'ailleurs également une importante valeur culturelle (ZARIC 1991). Pendant plusieurs millénaires, l'homme s'est servi de ses roches (des grès de la molasse marine supérieure). Plus que du matériel en soi, nos ancêtres ont surtout profité de la morphologie des escarpements qui offrent plusieurs abris-sous-roche. Des fouilles archéologiques ont en effet mis en évidence une occu-

pation de ces habitats troglodytes, du Néolithique au Moyen Âge. Par la suite, ces abris furent encore fréquentés maintes fois par des ermites. Un des lieux, la Roche à Baptiste, a d'ailleurs hérité du prénom d'un de ses habitants.

Ces deux sites géologiques, combinés avec les visites de la Tour St-Martin, le temple elliptique de Chênes-Pâquier, le Pont de Covet et l'église de Chavannes-Le-Chêne offrent ainsi une randonnée multiculturelle des plus variée où histoires géologiques et humaines s'associent sans cesse.

Références

LABHART T., et DECROUEZ D., 1997. Géologie de la Suisse. Lausanne-Paris, Delachaux et Niestlé SA.

ZARIC N., 1991. Balades en forêts cantonales vaudoises n° 10: le Vallon des Vaux. Lausanne, Service cantonal forêts et faune. ■

Micha Schlup est premier assistant à l'Institut de géographie de l'Université de Lausanne

Un géotope et biotope unique: les mines et carrières de Baulmes

par Nicolas Meisser

Introduction

Peu de vaudois savent que le charmant village vaudois de Baulmes se blottit contre une montagne percée d'innombrables galeries souterraines artificielles. De ce qui fut une grande exploitation de marne et de calcaire pour la fabrication de chaux, de ciment et l'amendement des sols, il ne reste que quelques rares vestiges en surface, maigres témoins d'une riche activité minière longue de 60 ans. En effet, il est bien loin le temps où le village minier de Baulmes était couvert de la poussière de la roche extraire de la montagne. Abandonnées, les anciennes exploitations sont régulièrement visitées par des naturalistes qui y font de remarquables découvertes. Ainsi, le site des carrières et mines de Baulmes est non seulement un exemple remarquable de géotope multiple extraordinairement varié mais également un biotope d'importance nationale pour les chauves-souris.

Description du site

L'exploitation s'est réalisée par le biais d'un important réseau de galeries répartis sur dix niveaux, de 670 m à 800 m d'altitude, et par une succession de carrières à ciel ouvert localisées essentiellement au lieu-dit La Rochette. La partie supérieure du réseau souterrain, qui totalise 5 km de galeries, s'ouvre sous la forme de six entrées sises dans la carrière principale (coord. 529'930/ 183'130) (DUTRUIT 1982).

L'accès aux niveaux intermédiaires se fait par une galerie, actuellement fermée, s'ouvrant immédiatement en bordure de la route reliant Baulmes au col de l'Aiguillon (coord. 529'820/ 183'000).

Enfin les niveaux inférieurs sont accessible par une galerie de base, appelée «La Directe» ou «La Galerie du Simplon» et dont l'entrée, actuellement fermée à clef, se situe quelques dizaines de mètres derrière l'ancienne usine de chaux et ciments sise au nord-est du village (coord. 530'300/ 182'790). Cette galerie servait au roulage, à savoir le transport au jour des matériaux extraits et à l'exhaure de l'eau souterraine, drainant ainsi tout le réseau de galeries.

Les niveaux intermédiaires et inférieurs totalisent près de 11 km de galeries, à ce jour leur cartographie précise n'a pas été effectuée et peu de plans datant de l'exploitation subsistent (CAVIN 1939).

Aperçu géologique

Ce sont les couches dites d'Effingen (du nom d'une localité argovienne), formées de marnes et de marno-calcaires, datant de l'Oxfordien moyen à supérieur (environ -155 millions d'années) qui ont été exploitées à Baulmes. La galerie de base recoupe les formations suivantes :

- calcaire massif, micritique du Kimméridgien;
- calcaire oolitique du Séquanieno;
- marnes et marno-calcaires d'Effingen, siège principal de l'exploitation.

Toutes ces formations appartiennent au Jurassique supérieur (Malm) et constituent une partie du flanc oriental du grand pli anticlinal du Suchet - Aiguilles de Baulmes (RITTENER 1902, MILLIOUD 1951, RIGASSI & JACCARD 1995).

Bref historique de l'exploitation

Comme nous l'avons vu, l'extension des mines et des carrières de Baulmes est très importante ce qui fait de Baulmes le plus grand site industriel d'extraction dans le Jura vaudois. Toutefois, l'histoire des mines et carrières de Baulmes reste peu connue et les documents relatifs sont rares (MEISSER 1997).

En 1895, les perspectives industrielles ouvertes par l'apparition de l'électricité et la construction du chemin de fer Yverdon-Sainte-Croix incitent M. E. Cachemaille à ouvrir une usine de chaux et de ciments à Baulmes. La société est créée en 1897, on produit d'abord de la chaux éteinte (hydroxyde de calcium) puis, dès 1900, du ciment. Gérée par la Société Anonyme des Chaux et Ciments de la Suisse Romande, l'exploitation, ainsi que l'usine, prennent un grand essor: en 1920 elles occupent 300 ouvriers et le village est blanchi par la poussière calcaire de cette fiévreuse activité industrielle.

L'exploitation siège essentiellement dans la grande carrière des Rochettes, au-dessus du village, la marne à ciment et le calcaire à chaux sont descendus à l'usine à l'aide d'une télébenne. Une petite exploitation, sise à mi-chemin entre l'usine et la grande carrière, produit du calcaire moulu pour amender les sols

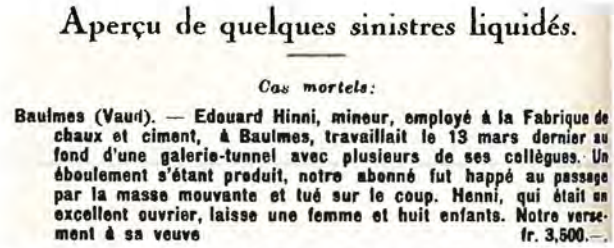
Figure 1.–Papier à entête de la Société Anonyme des Chaux et ciments de Baulmes avec les usines, la télébenne et les carrières. Archives du Musée cantonal de géologie.

acides. Dès 1920, tout un réseau de galeries est percé. Un puits, reliant la carrière des Rochettes à la galerie de base aboutissant à l'usine, sert de déversoir et remplace la télébenne. Dans les années 1940 et 1950, des champignons et même des endives sont cultivées par M. J. Parisod, un ancien mineur, dans les salles et galeries latérales abandonnées. Malgré une production journalière record de l'ordre de 100 m³ de roche, l'onéreux abattage en souterrain est victime de la mise en exploitation intensive de grandes carrières à ciel ouvert comme celle d'Eclépens en 1953, développement relatif à la forte demande de ciment pour la construction de barrages hydroélectriques. L'extraction de roche cesse en 1957 et le site industriel ferme définitivement en 1962. Actuellement, une très grande partie de l'usine a disparu, de même que la télébenne. Les galeries sont fermées et interdites au public mais restent toutefois accessibles aux spéléologues et aux scientifiques après annonce auprès de l'administration communale.

Un géotope paléontologique

L'ouverture des carrières et des mines dans des roches sédimentaires s'accompagne très souvent par la découverte de fossiles macroscopiques. Toutefois, à Baulmes, comme en témoignent les collections du Musée cantonal de géologie, relativement peu de fossiles sont collectés et conservés : guère plus d'une trentaine d'échantillons récoltés essentiellement dans la carrière des Rochettes. Parmi ces bivalves et rares ammonites, un fossile unique, d'importance nationale mérite une mention. En automne 1976, un fragment de marne grise portant un rameau fossile d'un étrange végétal entre dans les collections du

Figure 2.–Ancienne étiquette calligraphiée d'un fossile d'huitre récolté à Baulmes au XIXe siècle. Musée cantonal de géologie.



Aperçu de quelques sinistres liquidés.

Cas mortels:

Baulmes (Vaud). — Edouard Hinni, mineur, employé à la Fabrique de chaux et ciment, à Baulmes, travaillait le 13 mars dernier au fond d'une galerie-tunnel avec plusieurs de ses collègues. Un éboulement s'étant produit, notre abonné fut happé au passage par la masse mouvante et tué sur le coup. Hinni, qui était un excellent ouvrier, laisse une femme et huit enfants. Notre versement à sa veuve fr. 3,500.—.

Figure 3.–Annonce du décès accidentel d'un mineur parue dans la revue hebdomadaire «Lectures du foyer» en avril 1925. Les abonnés à cette revue étaient au bénéfice d'une assurance en cas d'accident, invalidité ou décès.

Musée cantonal de géologie. La découverte en revient à une certaine mademoiselle Daisy, étudiante en sciences et dont le nom ne figure malheureusement pas dans l'inventaire des collections. Le fragment a été récolté dans la carrière des Rochettes. Cet objet intrigue vivement Marc Weidmann, directeur du Musée à l'époque: aucun fossile végétal n'est connu dans ce site et en plus, dans l'ensemble de la chaîne jurassienne, les fossiles végétaux datant de l'Oxfordien sont extrêmement rares, seuls trois exemplaires ont été décrits par REICHEL (1928) à Saint-Sulpice dans le canton de Neuchâtel. En 1978, une diagnose est demandée au professeur Ed. Boureau de l'Université de Paris VI, spécialiste de paléobotanique et qui identifie rapidement l'espèce comme étant un *pagiophyllum araucarinum* (Pomel), un conifère fossile ressemblant aux araucarias actuels. Bien qu'à ce jour cette découverte reste unique, il n'est pas exclu qu'une campagne de fouilles dans la carrière des Rochettes puisse aboutir à la découverte d'autres fragment de ce rare fossile.

Notons également que dans les environs immédiats de l'exploitation, de remarquables gisements fossilifères sont connus. Vers 1880, de nombreux fossiles sont récoltés aux lieux-dits «Sassel», «Les Augets» et «Feurtille». Leurs études permettent de définir neuf nouvelles espèces, essentiellement des bivalves, et dont les échantillons types sont conservés au Musée cantonal de géologie (SEPTFONTAINE *et al.* 1995). Dans les années 1960-1970, M. Junod, chef de gare de Baulmes, extrait de beaux fossiles du callovien ferrugineux affleurant un peu au-dessus de la carrière des Rochettes: de belles ammonites et quelques rares nautiles, parfois décimétriques sont extraits.

Un géotope stratigraphique et tectonique

La carrière des Rochettes offre une coupe bien partielle de l'anticlinal du Suchet-Aiguilles de Baulmes,

Figure 4.–Le fameux fossile d'un rameau du conifère *pagiophyllum araucarinum* (Pomel) découvert à Baulmes en 1976. Longueur du rameau: 9 cm. Musée cantonal de géologie.

Figure 5.–Ammonite *perisphincteris* sp. du Callovien de Baulmes. Diamètre de l'ammonite: 11 cm. Musée cantonal de géologie.

mais compte tenu de la forte couverture végétale et d'éboulis du secteur, ce site est dès lors remarquable. En effet, il est possible d'observer *in situ* les marno-calcaires plissés de l'Argovien, plus exactement les Couches d'Effingen. Loin d'être une horrible cicatrice anthropogénique sur le flanc du Jura, la carrière des Rochettes est, pour celui qui sait lire l'histoire de la Terre, une magnifique fenêtre sur l'anticlinal du Suchet-Aiguilles de Baulmes et dont la structure en voûte rompue est l'une des plus belles du Jura (BARD & VONLANTHEN 2002).

Un géotope minéralogique et géochimique

Lors de l'hiver 1985-1986, François Mouron, responsable de la Section junior de la Société vaudoise de minéralogie, visite pour la première fois en spéléologue les galeries de Baulmes. Intrigué par de superbes cristaux bleu clair, il avise immédiatement les responsables du Musée cantonal de géologie qui procèdent aux analyses. C'est ainsi que la célestine (ou célestite) de Baulmes, devenue célèbre dans le monde de la minéralogie systématique, est mise en évidence. Les pièces étant abondantes et splendides, on s'étonne vivement qu'au cours des 37 années d'exploitation souterraine, aucune mention de ce minéral n'a été faite dans la littérature et qu'aucune pièce de célestine ne soit présente dans les collections du Musée. Lors des années 1990, des recherches plus approfondies dans les collections, arrivèrent aux mêmes conclusions : seuls quelques maigres fragments inesthétiques de célestine des Clées et du Day sont retrouvés. Avec Baulmes, ce sont les seules occurrences connues de célestine dans le Jura vaudois.

Les cristaux de célestine de Baulmes se caractérisent par des formes (habitus) diverses et une variation de teinte allant du bleu céleste, blanc, rosâtre à orangé. Souvent gemmes, les cristaux sont souvent centimétriques et remplissent, parfois par plusieurs dizaines, les cavités de la marne.

Localement, des veines de célestine bleue massive, décimétriques en épaisseur, s'observent parfois sur quelques mètres de longueur. Dans le réseau minier de Baulmes, la célestine se récolte dans pratiquement tous les niveaux accessibles, mais surtout dans le réseau inférieur.

De nombreux échantillons de célestine ont été prélevés, les meilleurs exemplaires sont conservés dans

Figure 6.–Cristaux de célestine du niveau inférieur des mines de Baulmes. Longueur du cristal principal: 1.8 cm. Musée cantonal de géologie. Photo S. Ansermet.

Figure 7.–Hérisson de cristaux de célestine du niveau inférieur des mines de Baulmes. Longueur du groupe: 5 cm. Musée cantonal de géologie.

les collections du Musée cantonal de géologie ainsi que dans quelques collections privées romandes (www.svm.ch/paul.andermatt.html). De par les multiples échanges réalisés dans le milieu de la minéralogie systématique, la célestine de Baulmes est également présente dans de nombreuses collections étrangères.

Si la célestine est sans conteste la star minéralogique du site, au point que le Musée cantonal de géologie lui consacre l'une de ses affiches d'exposition permanente, il ne faudrait pas passer sous silence d'autres espèces minérales. Parmi celles-ci, citons : la calcite, le gypse en magnifiques cristaux, la dolomite, la barytine, la sphalérite, la pyrite et la rare marcasite dont Baulmes représente actuellement le seul gisement connu sur territoire vaudois (Meisser & Ansermet 1993, Meisser 1997, Andermatt 1998, Andermatt & Meisser 1999).

La célestine étant du sulfate de strontium, les marno-calcaires de l'Argovien des mines de Baulmes présentent donc une forte anomalie géochimique de strontium, un élément peu commun dans la nature, et aussi de soufre sous la forme de sulfate. Cette singularité géochimique, unique dans le Jura vaudois, n'a pour l'instant pas fait l'objet de travaux. Les méthodes de la géochimie isotopique appliquées au strontium et au soufre, de même que l'analyse des fluides piégés dans les inclusions des cristaux permettraient certainement d'élucider la genèse de ce site minéralogique remarquable.

Un géotope historique

Seule exploitation souterraine d'importance dans le Jura vaudois, avec les mines de calcaire des Grands-Crêts près de Vallorbe, les mines de Baulmes se singularisent par l'étendue de leur développement souterrain. Comptant près de 16 km de galeries, elles arrivent en troisième position après les mines de sel de Bex qui en comptent environ 50 km et les anciens charbonnages de Pully-Paudex-Lutry-Belmont avec leur trentaine de kilomètres de galeries et de chambres d'exploitation. Contrairement aux mines de Bex, aucun relevé des constructions et des objets présents dans les travaux souterrains n'a été réalisé à ce jour. Mais il faut bien admettre que le percement des mines de Baulmes n'a commencé qu'en 1920, ce qui limite leur intérêt archéologique. Les galeries, en grande partie accessibles, montrent les techniques d'exploitation en damier, par chambres et piliers, du calcaire marneux. Les reliquats des champignonnières sont encore visibles.

Un biotope d'importance nationale

Les mines de Baulmes représentent un des sites les plus riches de Suisse romande pour la variété de chauves-souris. Ainsi, les spécialistes ont recensé près de 12 espèces de chiroptères sur les 26 présentes en Suisse, dont le rare minioptère de Schreiber. Sous l'impulsion de Philippe Christe de l'Institut d'écologie de l'UNIL et d'Olivier Glaizot du Musée cantonal de zoologie, une demande de mise sous protection du site pour la faune cavernicole a été déposée en 2005. (Arnal 2003, Lassueur & Genevay 2006).

En guise de conclusion

Les mines et carrières de Baulmes sont uniques sur de nombreux points comme nous avons pu le voir, mais le plus remarquable, c'est que ces galeries ont échappé au sort habituellement réservé à ce type d'exploitation : sécurisation par foudroyage à l'explosif des

Figure 8.–Galerie souterraine dans le niveau inférieur de l'exploitation, en 1996. L'instabilité du plafond rocheux consécutif à la largeur de la voûte est à l'origine de dangereux éboulements. Photo S. Ansermet.

voûtes des galeries, remblayage des entrées de cavités et « renaturalisation » des carrières.

Dans le cas des anciennes mines, on peut aisément comprendre que pour des raisons de sécurité un tel travail se fasse, toutefois, un accès aux animaux mais aussi aux chercheurs doit impérativement être mis en place, par la pose d'entrées grillagées fermées à clé. Si les anciennes galeries des mines de sel de la région de Bex et de Panex sur Ollon sont ainsi équipées, il n'en est pas de même des anciennes mines de charbon de la région de Belmont-Lutry et d'Oron : face à l'inquiétude des propriétaires des terrains et/ou des autorités communales, quasiment toutes les entrées de galeries ont été comblées.

Le cas des carrières est plus complexe : il faut concilier esthétisme du paysage, création de biotopes et sauvegarde d'affleurements géologiques artificiels. Ainsi la remise en état d'anciennes exploitations à ciel ouvert comprend souvent le comblement partiel ou total de la carrière par des déchets inertes suivi par sa « végétalisation » et l'aménagement de biotopes. De telles pratiques sont actuellement en cours dans les carrières du Lessus à Saint-Triphon, d'Arvel sud et des Huttins à Chamblon. Un projet est à l'étude pour la partie abandonnée de la carrière de Bois-Genoud à Crissier. De nos jours, la balance entre les intérêts de l'esthétisme du paysage, de l'écologie et de la géologie penche malheureusement nettement en défaveur de cette dernière science.

Le monde occidental passe rapidement au stade postindustriel. Cette mutation peut être considérée comme aussi importante que deux précédents bouleversements que furent la Révolution Néolithique, à savoir le passage du stade de chasseur-cueilleur à celui d'agriculteur, et la Révolution Industrielle, qui a vu la mécanisation du travail.

Puisque les anciennes usines sont détruites, pour faire place à des supermarchés ou sont transformées en lofts luxueux, et les carrières comblées, il ne va bientôt plus rester que les anciens sites miniers et leurs dédales souterrains pour témoigner de ce qu'a été cette époque révolue. C'est une partie de nos racines qui disparaît ainsi, souvent dans le dédain, l'ignorance et l'indifférence.

Les anciennes mines et carrières font partie à la fois de notre patrimoine géologique, paléontologique, minéralogique, biologique, historique et industriel. Ainsi, il faut dans la mesure du possible les conserver et les mettre en valeur, au lieu de les dissimuler comme des objets honteux ou de les gommer définitivement (Ansermet et Meisser, 2003).

Confidentielle, l'histoire des mines et carrières de Baulmes est juste évoquée dans le petit musée communal. Sans pouvoir rivaliser avec l'exceptionnel site minier de Bex, il serait bon de mettre en exergue celui de Baulmes, ne serait-ce simplement par l'aménagement d'un modeste parcours didactique, historique, géologique et zoologique du site.

Remerciements

Je tiens à remercier particulièrement:

- M. François Mouron et les membres juniors et seniors de la Société vaudoise de minéralogie qui m'ont accompagné lors d'excursions souterraines.
- M. Paul Andermatt, fidèle correspondant du Musée cantonal de géologie, et qui au travers ses nombreux dons de minéraux a largement enrichi les collections et les connaissances minéralogique du site.
- M. Robert Gogel qui m'a transmis une partie des renseignements historiques sur l'exploitation.

Bibliographie

ANDERMATT P. & MEISSER N., 1999. Mineralien aus dem Westschweizer Jura. *Lapis, 24/2*: 13-21.

ANDERMATT P.J., 1998. Minéralogie du Jura suisse romand. *Le Règne Minéral, 21*: 5-16.

ANSERMET A., MEISSER N., 2004. Comment sécuriser les anciennes mines sans les détruire? Quelques observations faites aux Etats-Unis ! *Le Règne minéral, 57*: 33-34.

ARNAL S., 2003. La chauve-souris, cette vaudoise mal aimée. *Allez Savoir, 26*: 37-44.

BARD V. & VONLANTHEN P., 2002, Objets géologiques d'intérêt particulier au nord de l'arc jurassien vaudois. Rapport inédit, Musée cantonal de géologie, 153 p.

CAVIN F., 1939. Plan des galeries. Usine des chaux et ciments de Baulmes. Echelle 1 :500. Mise à jour le 25 février 1943. Inédit. Archives du Musée cantonal de géologie, Lausanne.

DUTRUIT J., 1982. Plan des mines de Baulmes. *Trou - Groupe Spéleo Lausanne, 28*: 2-3.

LASSUEUR Y. & GENEVAY Y., 2006. Captures, une nuit dans la mine aux chauves-souris. *Le Matin dimanche* du 30 avril 2006, p. 25.

MEISSER N., 1997. La célestine de Baulmes (Jura vaudois). *Le Cristallier suisse, 11/1*: 1-5.

MEISSER N. et ANSERMET S., 1993. Topographie minéralogique de la Suisse et des pays voisins: description de minéraux rares ou inédits récemment découverts-Partie 1. *Schweizer Strahler, 9/12*: 573-608.

MILLOUD M., 1951. Le callovien et l'Oxfordien dans la région de Baulmes (Jura vaudois). *Bull. Lab. Géol. Univ. Lausanne, n° 102*: 3-13.

REICHEL M., 1928-1929. Conifère fossile trouvé dans les couches à ciment (Argovien) de St. Sulpice. *Bull. Soc. Neuch. Sc. Nat., 52*: 125-130.

RIGASSI D. & JACCARD M., 1995. Atlas géologique de la Suisse 1 : 25000, feuille 1182 Ste-Croix. Service hydrologique et géologique national.

RITTENER T., 1902. Etude géologique de la Côte-aux-Fées et des environs de Sainte-Croix et Baulmes. Mat. pour la Carte géologique de la Suisse, II, 13.

SEPTFONTAINE M., BERGER J.-P., GEYER M., HEUMANN C., PERRET-GENTIL G. & SAVARY J., 1995. Catalogue des types paléontologiques déposés au Musée cantonal de Géologie, Lausanne. Mém. Géol. Lausanne, 26, 69 p.

Nicolas Meisser est conservateur de minéralogie et pétrographie au Musée cantonal de géologie à Lausanne

Lavaux, une référence paléontologique mondiale

par Robin Marchant

1. Introduction

Lavaux est un témoin clé de la lecture de la formation des Alpes. Ce n'est pas sa seule qualité. Cette région est aussi une référence mondiale en matière de flore tropicale de l'ère tertiaire. Elle présente un intérêt incontestable pour les paléontologues. Le seul gisement du Moulin Monod, à Rivaz, a révélé près de 150 espèces végétales d'il y a 25 millions d'années, que viennent consulter les scientifiques du monde entier.

L'histoire géologique de Lavaux est intimement liée à la formation de la chaîne alpine et aux dernières glaciations. Elle se résume en trois épisodes principaux:

- le dépôt des couches sédimentaires de la molasse, qui forment aujourd'hui les vires -rocheuses caractéristiques du paysage viticole de Lavaux ;
- la formation des Alpes, qui va déplacer et déformer les couches de molasse;
- les grandes glaciations, qui vont creuser le bassin lémanique.

2. La molasse

Les roches qui constituent le soubassement de Lavaux appartiennent à la molasse, vaste ensemble de roches sédimentaires formées au front de la chaîne alpine lors de sa formation. Le bassin sédimentaire de la molasse s'étend ainsi tout au long de l'arc alpin, de la Savoie à l'Autriche en passant par le Plateau suisse et la Bavière. C'est un bassin sédimentaire de type flexural, dont la genèse est directement liée à la tectonique des plaques, comme l'illustre la figure 1.

Ce bassin sédimentaire est progressivement comblé par du matériel provenant de l'érosion des Alpes,

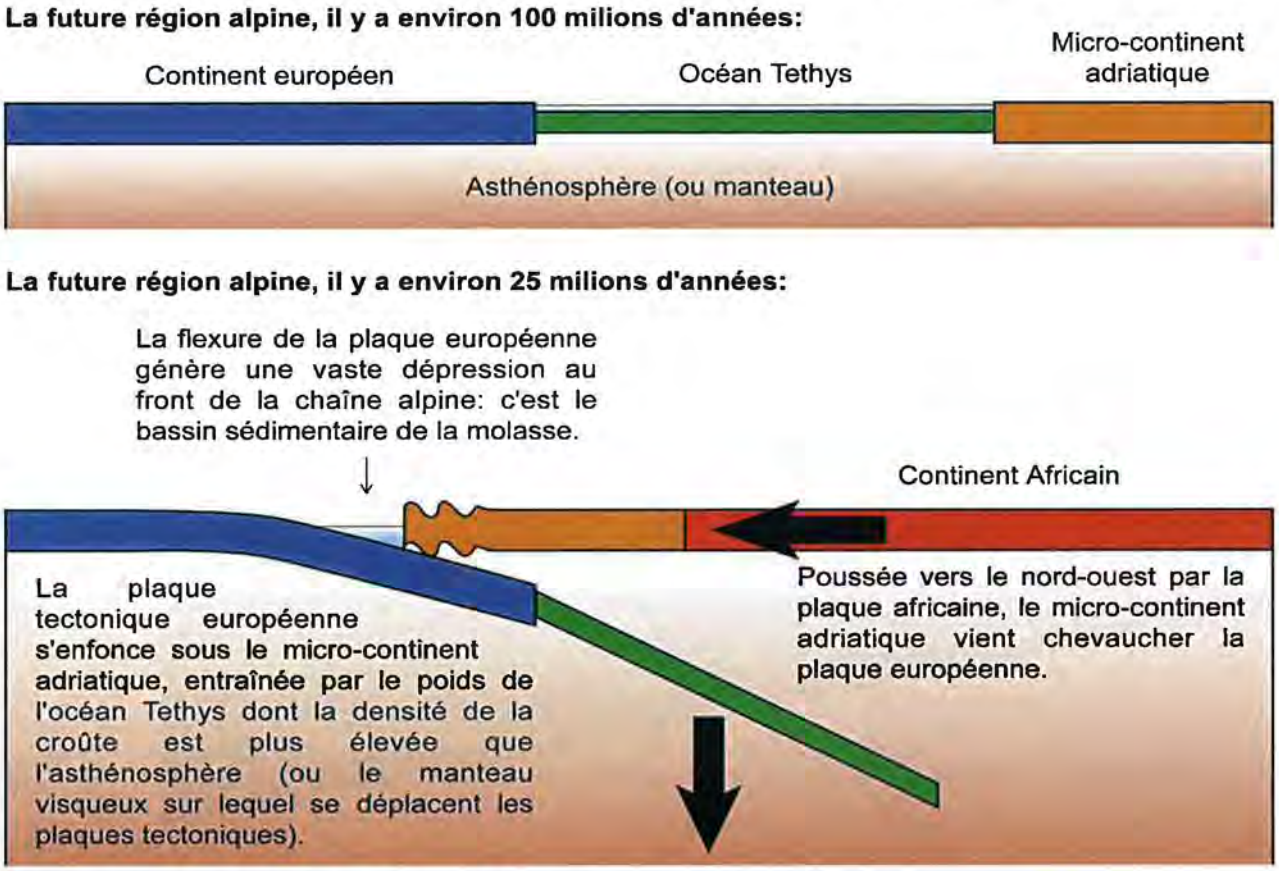


Figure 1.–Formation du bassin sédimentaire flexural de la molasse.

alors en pleine phase de formation: torrents, rivières et fleuves transportent galets, sables et argiles dans le bassin molassique. La molasse s'est déposée à l'ère tertiaire, entre 34 et 7 millions d'années avant notre ère, en quatre étapes successives pour atteindre une épaisseur de 4 kilomètres:

- la première est marine (molasse marine inférieure);
- la seconde est continentale (molasse d'eau douce inférieure);
- la troisième est à nouveau marine (molasse marine supérieure);
- la quatrième est à nouveau continentale (molasse d'eau douce supérieure).

Dans Lavaux, seule la molasse d'eau douce inférieure affleure, comme le montre la figure ci-dessous. La molasse marine inférieure –le forage pétrolier de Savigny l'atteste– se trouve plus en profondeur. Quant à la molasse marine supérieure et la molasse d'eau douce supérieure, elles ont été érodées lors des dernières glaciations.

La sédimentation de la molasse d'eau douce inférieure s'est déroulée en trois phases successives (se référer à la reconstruction de la coupe géologique ci-dessus).

- Au Chattien inférieur, de 28 à 26 millions d'années avant notre ère, s'est déposée la molasse rouge, formée de marnes gréseuses et de grès souvent rouges ou lie-de-vin. Cet épisode s'est déroulé sous un climat chaud, dans un environnement de plaine boisée, traversée de modestes rivières sinueuses. Celles-ci débordent fréquemment et déposent alors leurs sédiments fins dans de vastes étendues d'eau temporaire.
- Au Chattien supérieur, de 25 à 23 millions d'années avant notre ère, on distingue plusieurs environnements de dépôts contemporains liés à la topographie de cet époque. Au sud-est, à proximité du front alpin, la pente inclinée à environ 1 % permettait à des torrents issus des Alpes de charrier des galets. Par contre, au nord-ouest, dans la région lausannoise, la topographie devait être entièrement plate. Les rivières n'avaient plus alors qu'un faible courant leur permettant, certes, de transporter du sable fin et des argiles, mais pas de galets. Cette variation de granulométrie des sédiments permet de subdiviser ces couches en quatre unités différentes:
  - Les *Poudingues du Mont-Pélerin*: ils correspondent à un large éventail d'épandage fluviatile, avec un réseau de rivières tressées où se déposent des conglomérats constitués de galets arrondis, appelés poudingues, en raison de leur ressemblance avec les gros grains de raisin pris dans la pâte du *pudding* anglais. Ce sont ces niveaux de conglomérats qui forment les barres rocheuses dans le

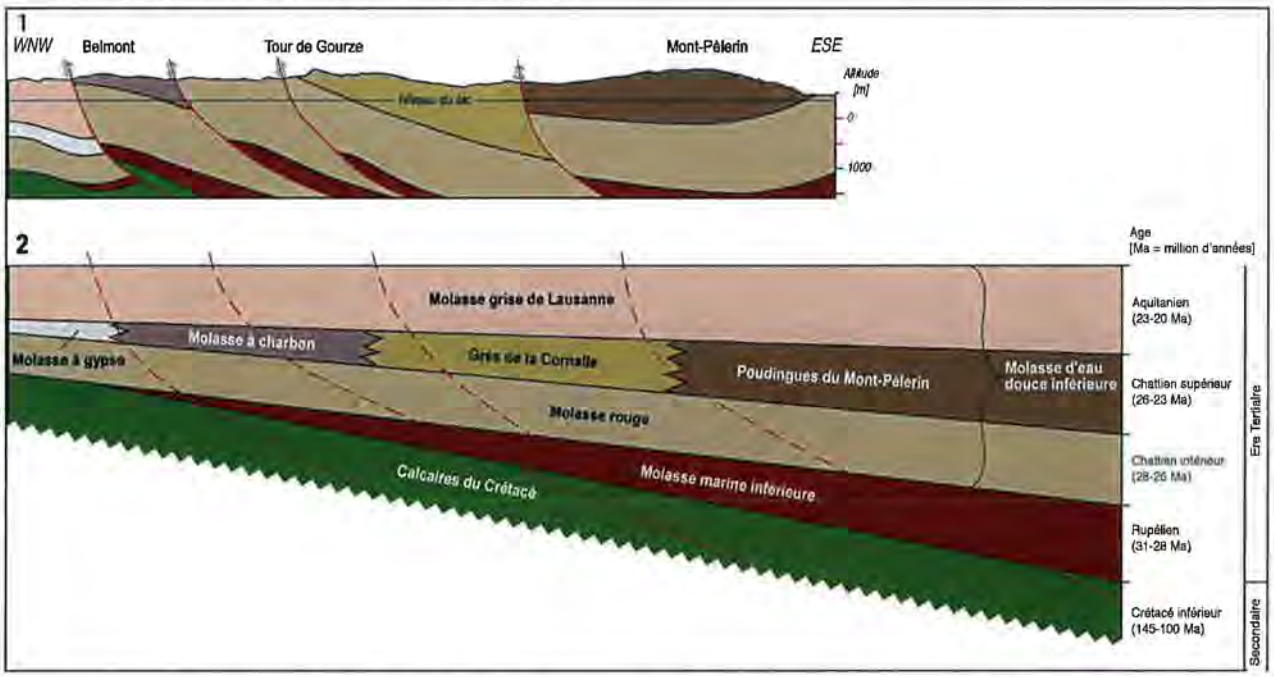


Figure 2.–1: coupe géologique schématique de la région de Lavaux; 2: reconstruction de sa géométrie avant la déformation alpine, il y a environ 20 millions d'années.

paysage situé entre le Dézaley et Vevey. Le vignoble, quant à lui, a été planté entre ces barres rocheuses, sur des roches bien plus tendres, comme des marnes ou des grès argileux et parfois même un peu de charbon. Le dépôt de ce dernier correspond à un environnement de marais, alors que les marnes et les grès correspondent à des zones inondées lors de crues et parfois boisées.

- Les *Grès de la Cornalle*: leur environnement correspond à une plaine fluviatile, avec des rivières à méandres dont les dépôts forment des bancs de grès durs. Ailleurs, ce sont des aires plus ou moins bien drainées, parfois boisées, parfois marécageuses, dont les sédiments ont produit des marnes.
- La *Molasse à charbon*: son milieu de sédimentation est essentiellement lacustre ou marécageux, produisant des marnes gréseuses et quelques couches de charbons qui ne dépassent pas 40 centimètres d'épaisseur.
- La *Molasse à gypse*: son environnement est essentiellement lacustre et marécageux, mais avec des influences saumâtres temporaires, se traduisant surtout par des marnes gréseuses empreintes de gypse.

- A l'Aquitanien, de 23 à 20 millions d'années avant notre ère, une vaste plaine inondée prédomine dans la région et produit d'épais bancs de grès qui alternent avec des marnes. C'est la molasse grise de Lausanne.

La molasse d'eau douce inférieure est particulièrement riche en fossiles, préservés essentiellement dans les couches formées de roches tendres, comme les marnes ou les charbons. Il s'agit surtout de végétaux et d'invertébrés (escargots ou moules lacustres) dans les marnes, et de vertébrés dont des crocodiles et tortues dans les couches charbonneuses. Les bancs durs, de grès ou de poudingues, qui ressortent dans le relief, sont moins fossilifères.

La prospection de fossiles dans Lavaux a connu son apogée vers le milieu du XIXe siècle, lorsque la paléontologie passionnait la bourgeoisie de l'époque. Nombre de notables, parallèlement à leur occupation principale, ont participé aux campagnes de terrain et aux déterminations scientifiques. C'est ainsi que l'aristocrate russe Catherine de Rumine a co-financé avec l'Etat de Vaud les fouilles du Moulin Monod, près de Rivaz, menées en 1854 et 1855 par son fils Gabriel, Philippe de La Harpe et Charles-Théophile Gaudin.

Le gisement du Moulin Monod a livré des milliers de spécimens de végétaux comprenant 145 espèces, dont 75 étaient nouvelles pour la Suisse et 44 entièrement nouvelles pour la science. Ces dernières sont appelées des «holotypes» et sont les références internationales d'une espèce. Tous les holotypes du Moulin Monod sont précieusement conservés au Musée cantonal de géologie à Lausanne où des scientifiques du monde entier viennent les consulter.

De nombreux autres gisements fossiles parsèment les coteaux de Lavaux (cf. carte géologique), mais aucun n'égale la richesse du Moulin Monod. Certains présentent néanmoins des spécificités, tel le gisement près d'Epesses où furent découvertes des empreintes de gouttes de pluie et des traces de pattes d'oiseaux. Ces derniers, en raison de leurs os légers et fragiles, sont rarement préservés à l'état fossile. C'est donc grâce à leurs traces de pas qu'il est possible de connaître la faune aviaire de l'époque. La petite mine de Dessous Grousse à Rivaz n'a pas seulement livré du charbon mais aussi quelques végétaux fossiles.

Enfin, les mines de charbon de la région Paudex-Belmont, exploitées de 1710 à 1946, ont mis à jour de nombreux restes de vertébrés: crocodiles, tortues, rhinocéros ou anthracothères (suidés primitifs, proches des cochons et des hippopotames), dont plusieurs holotypes, à l'instar de l'*Anthracotherium valdense*.

3. La formation des Alpes

La chaîne alpine est le résultat du chevauchement de la plaque tectonique africaine sur un ancien océan appelé Tethys, puis sur le continent européen (cf. fig. 1). La déformation des roches liée à ce chevauchement de plaques tectoniques a débuté il y a environ 100 millions d'années, lorsque l'Afrique a commencé à se rapprocher de l'Europe. Le front de cette déformation s'est progressivement déplacé vers le nord-ouest et a atteint la région de Lavaux il y a environ 10 millions d'années.

Dans Lavaux, la déformation s'est essentiellement traduite par des chevauchements de compartiments rocheux, comme le montre la figure 2. Ces chevauchements le long de plans de failles ont ainsi juxtaposé des roches qui étaient distantes, à l'origine, de plusieurs kilomètres. Le dernier de ces chevauchements, entre la molasse grise de Lausanne et la molasse à charbon, marque le front de l'édifice alpin. C'est pour cette raison que la molasse de la région de Lavaux porte la dénomination tectonique de molasse subalpine. La tectonique est, dans les faits, plus com-

plexe que celle illustrée sur la carte géologique ci-jointe, de nombreuses autres failles secondaires découpant les roches de la région.

4. Les grandes glaciations

A l'exception de la molasse de l'ère tertiaire, les autres formations géologiques de Lavaux datent de l'ère quaternaire (1,75 million d'années à aujourd'hui). Au cours des derniers millions d'années, une succession de glaciations, entrecoupées de stades interglaciaires plus chauds, a affecté notre planète. Dans Lavaux, seuls des dépôts remontant à la dernière période glaciaire (le Würm, 100'000-15'000 ans) sont présents, puisque le dernier glacier a balayé presque tous les dépôts des glaciations précédentes.

C'est d'ailleurs à ces grandes glaciations que nous devons le modelé du paysage que nous connaissons aujourd'hui. Auparavant, le Rhône descendait depuis Martigny en direction de Chamonix et la cuvette lémanique n'existait pas. La vallée du Rhône et le bassin lémanique ont donc été taillés par le glacier rhodanien qui atteignait la région de Lyon lors du dernier maximum glaciaire, il y a environ 25'000 ans. Le glacier rhodanien atteignait une altitude avoisinant les 1400 mètres dans la région de Lavaux. La Tour de Gourze se trouvait sous quelque 500 mètres de glace. Le versant abrupt du Dézaley, qui se prolonge sous le niveau du lac, présente une morphologie typique de l'érosion glaciaire (voir fig. 3).

Quelques moraines, comme celles de Savuit et du Châtelard, ainsi que, localement, des stries creusées par les roches prises dans la glace témoignent du passage du glacier. Dans le passé, les blocs erratiques devaient être nombreux. Certains se sont éboulés dans le lac, comme à l'ouest de Villette, mais la plupart ont été exploités comme pierre de construction.

5. Conclusions

La fonte du glacier rhodanien a déstabilisé une partie des coteaux de Lavaux, surtout dans sa partie ouest.

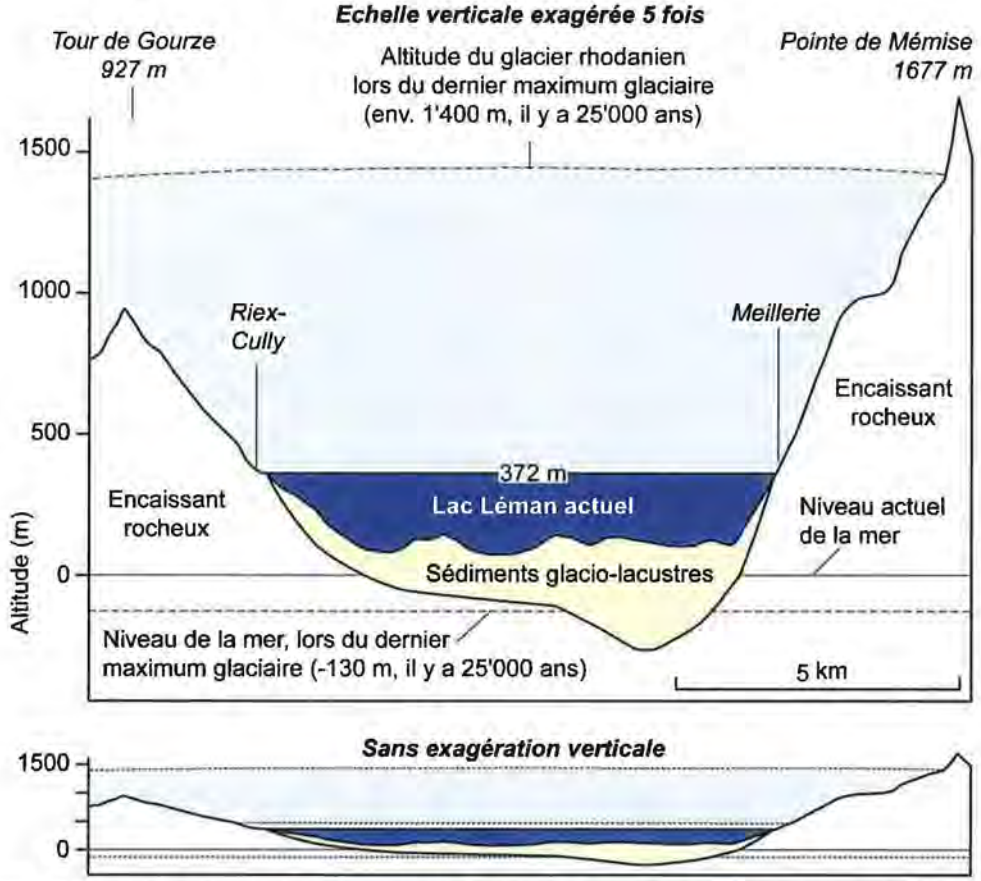


Figure 3.–Coupe en travers du lac Léman montrant l'importance de l'érosion glaciaire. Le glacier rhodanien a érodé la région lémanique jusqu'à une profondeur de près de 300 m sous le niveau actuel de la mer alors que sa surface atteignait 1'400 m d'altitude lors de son extension maximale, il y a 25'000 ans.

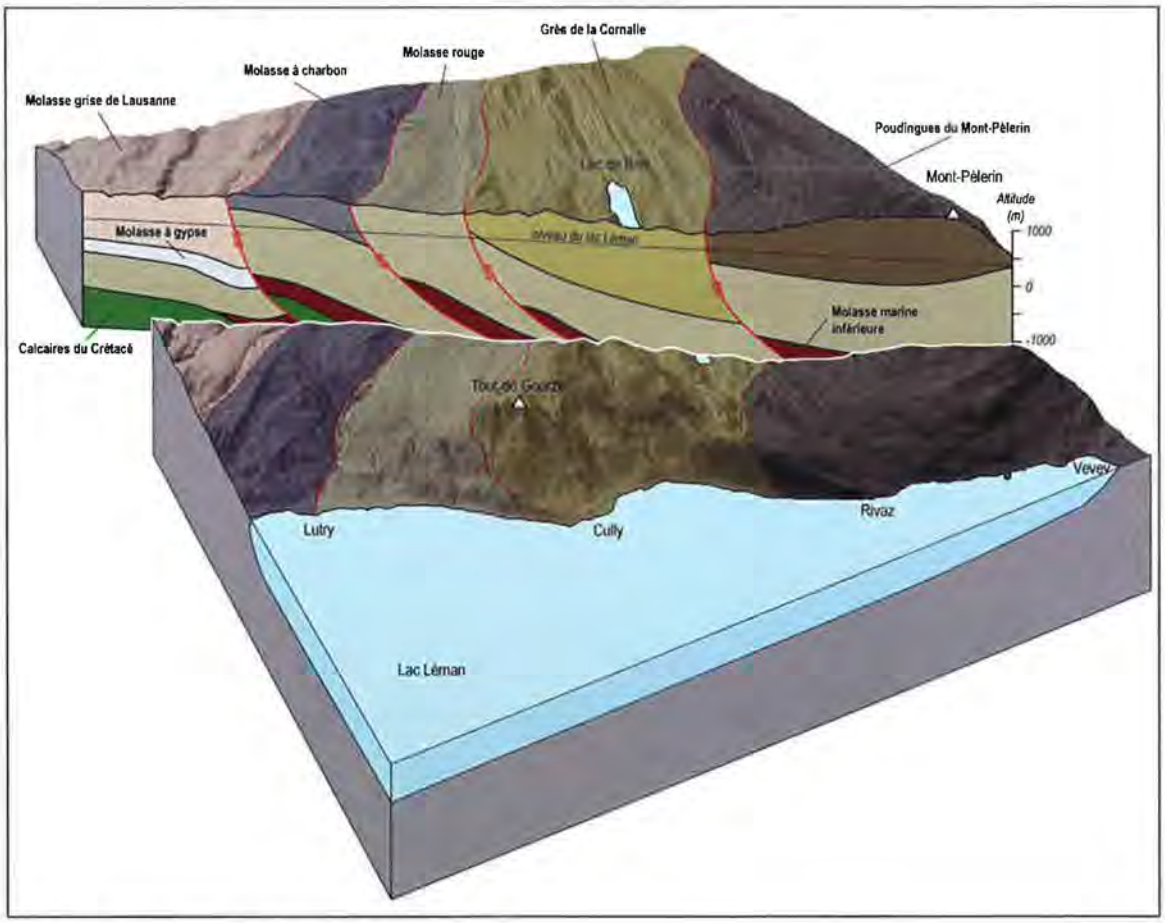


Figure 4.–Vue en trois dimensions du sous-sol de Lavaux.

N'étant plus soutenus par le glacier, de nombreux terrains ont glissé en direction du lac. Aujourd'hui, la plupart de ces glissements de terrain se sont stabilisés, mais ils restent actifs près d'Epesses: «A une époque que l'on ne peut préciser, mais qui est en tout cas fort ancienne, il se produisit au lieu-dit La Cornallaz une longue déchirure et un affaissement du sol. Tout le village d'Epesses descendit à quelques centaines de pas au-dessous de son emplacement primitif, mais chose étrange, sans qu'il en résultât un dommage quelconque pour les habitants et leurs maisons», souligne, en 1823, le médecin et historien Louis Levade.

Si le village d'Epesses est aujourd'hui stabilisé, il n'en est pas de même un peu plus à l'ouest. Le glissement de La Cornalle-Les Luges (cf. carte géologique) est particulièrement intéressant, eu égard à l'histoire des moyens mis en œuvre pour tenter de le stabiliser depuis le XVIIIe siècle. Ainsi, suite à un important mouvement survenu en 1915-1916, une Commission exécutive cantonale préféra, malgré des rapports d'imminents géologues, faire confiance à un fieffé rhabdomancien qui aurait prédit la présence d'un véritable fleuve souterrain à 150 mètres de profondeur et ceci à cinq centimètres près... Au-delà de l'anecdote, ce glissement est un bel exemple historique et didactique des moyens de lutter contre les mouvements de terrain.

Aujourd'hui, le modelé du paysage est le fruit de l'érosion mécanique opéré par le ruissellement des eaux, de l'érosion chimique survenant par dissolution du ciment des roches et des phénomènes de gel-dégel qui fracturent les roches. Ces processus affectent particulièrement les bancs de poudingues qui tendent ainsi à s'ébouler. C'est la raison pour laquelle ces derniers font régulièrement l'objet de travaux géotechniques visant à les consolider. ■

Robin Marchant est conservateur de géologie et paléontologie au Musée cantonal de géologie à Lausanne

«Documents» de l'Association pour le patrimoine naturel et culturel du canton de Vaud, n° 9, 2007.

Des cailloux et des hommes

par Denis Weidmann

«Inscrit dans la pierre, investir dans la pierre...» Le caractère apparemment durable du minéral le met au rang des valeurs sûres et prestigieuses dans l'esprit du public. Même si la manifestation la plus courante de cet intérêt prend aujourd'hui la forme de minces placages ou d'imitations dérisoires proposées dans les libres-services consacrés au «faites-le vous-mêmes».

L'importance des rapports millénaires de l'homme et de la pierre est heureusement manifestée par d'innombrables témoignages qui constituent, pour certaines périodes, pratiquement la seule source d'information sur nos origines. On ne s'étonnera guère dès lors que les préhistoriens aient convenu de baser la nomenclature des époques du passé sur une base lithique: *paléolithique, mésolithique, néolithique.*

Sur le Plateau suisse, de rarissimes outils en silex sont la première trace d'une présence humaine dans le dernier interglaciaire. Dans les temps post-glaciaires, la très grande diversité des ressources pétrographiques qu'offre notre territoire, entre Alpes et Jura, va laisser de nombreuses traces dans les gisements que les archéologues ont l'occasion d'aborder. La collaboration des géologues, pétrographes et minéralogistes dans l'analyse de ces situations enrichit considérablement les résultats que l'on peut obtenir, et donne même parfois la clé des interprétations. Nous passerons en revue quelques cas.

Un campement mésolithique dans le Pays-d'Enhaut

C'est en prospectant un secteur des Préalpes riche en silex que Gervaise Pignat et Pierre Crotti localisèrent au lieu-dit Ciernes-Picat, un campement de chasseurs mésolithiques (vers 9500 - 6000 avant J.-C.) dans l'abri offert par un énorme bloc éboulé (fig. 1.a). Les groupes nomades trouvaient dans ce secteur des terrains de chasse saisonniers, mais surtout les matériaux à tailler pour entretenir leur outillage et armement, de taille extrêmement réduite (fig. 1.b).

Figure 1.–a. L'abri sous bloc des Ciernes-Picat, à Château-d'Oex (photo P. Crotti - MCAH), a livré une riche industrie de radiolarites exploitées à proximité.

Figure 1.–b. Grattoirs (1.5 à 2 cm) et nucléus de débitage (4.5 cm). Mésolithique récent, vers 6000 av. J.-C. (photo Y. André).

Figure 2.–Les occupants néolithiques du site de Concise fabriquaient de magnifiques haches-marteau perforées au 29e - 28e siècle avant J.-C, débitées à partir de galets de roche verte, d'origine alpine, jusqu'au poli final (longueur env. 17 cm) (photo Fibbi-Aeppli).

Par des recherches analogues faites dans le Jura et les Alpes, la provenance de la plupart des sortes de silex utilisées par les préhistoriques que l'on retrouve dans les différents sites fouillés est en voie d'être connue. On peut ainsi déduire les déplacements et les échanges auxquels procédaient les groupes de chasseurs - cueilleurs, il y a une dizaine de millénaires. On a ainsi constaté que les silex trouvés dans l'abri d'Ogens provenaient à raison de 30 % des Préalpes, à 40 kilomètres de distance.

Le temps des mégalithes

La sédentarisation des sociétés néolithiques dans nos régions particulièrement riches en blocs erratiques, qui constellaient le territoire, est marquée par un traitement particulier des blocs de forte taille.

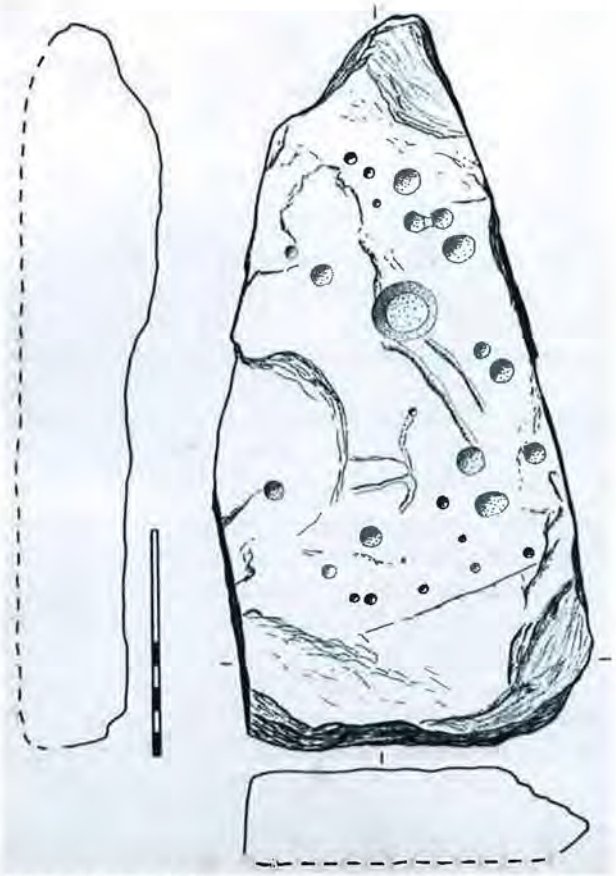


Figure 3.–Longue et énigmatique histoire d'un bloc erratique à la Praz (Mont-la-Ville) : le bloc, choisi pour sa silhouette adéquate, a été retouché vers la pointe, implanté tout d'abord verticalement comme menhir, puis couché au sol et creusé par percussion de nombreuses cupules et cannelures, dont la fonction réelle reste méconnue, probablement cultuelle (relevé J.-L. Voruz).

Du 5e au 3e millénaire, des centaines de blocs aux formes adéquates seront sélectionnés, déplacés sur de bonnes distances et implantés dans des sites choisis, après avoir été regroupés, retouchés, gravés ou creusés de cupules (fig. 3). Certes, tous les blocs erratiques ne sont pas des menhirs, et il existait aussi sans doute des représentations ou des effigies sur bois. Des découvertes parfois spectaculaires faites en diverses circonstances au cours des quarante dernières années en Romandie, et surtout dans le canton de Vaud, ont considérablement enrichi le répertoire des mégalithes. Elles ont révélé un patrimoine particulièrement diversifié qui a été mis en valeur et présenté en maints endroits (Yverdon, Lutry, Sion, etc.) (fig. 4).

Ces vestiges manifestent le rapport particulier qu'entretenaient les populations préhistoriques avec ces ensembles, disposés aux abords des villages, et qui

Figure 4.–Cet alignement de mégalithes, découvert en 1984 à Lutry, est composé de dalles de molasse et de blocs alpins, aux formes soigneusement choisies et retouchées, collectées dans les coteaux avoisinants. On attribue généralement à ces ensembles la fonction de lieux de cultes. 3e millénaire av. J.-C. (photo Cuagny, Commune de Lutry).

impliquaient un investissement communautaire. Certains mégalithes (Corcelles-près-Concise, La Praz) ont subsisté dans leurs positions d'origine et dans leur paysage jusqu'à nos jours, montrant une durabilité de quatre à six millénaires sous nos climats.

Exportations néolithiques et consommation locale

Certaines roches alpines métamorphiques particulièrement denses et à grain fin (roches vertes, radiolarites, par exemple) étaient extraites pour la réalisation de haches polies, parfois de grandes dimensions. Ces pièces de valeur et de prestige n'étaient visiblement pas destinées à l'usage quotidien et ont été diffusées sur de grandes distances, notamment jusque dans l'ouest de la France.

Les affleurements qui ont permis l'extraction de ces matériaux sont actuellement l'objet de recherches pour tenter de localiser les carrières d'origine. Ces productions très particulières ne doivent pas éclipser l'exploitation intense de matériaux plus modestes par les Néolithiques et les gens de l'âge du Bronze, pour les besoins de la vie quotidienne. La recherche des matériaux adéquats dans les terrains morainiques et les plages des lacs, dans les lits de rivières, a fourni les populations locales en meules et molettes (granit et gneiss, essentiellement), en haches et herminettes en roches vertes principalement, et ceci pendant des millénaires (fig. 2). Il en a été de même pour les percuteurs, les marteaux, les poids de filets, etc. Le manque de silex utilisable pour la taille dans les régions alpines a conduit à utiliser parfois le cristal de roche en remplacement.

Carrières romaines

Le développement de la construction selon les techniques importées par les romains va bouleverser le rapport des hommes avec les roches locales. L'ouverture des carrières et gravières va se multiplier,

Figure 5.–Tranchées de débitage et blocs prêts au prélèvement dans la carrière de la Raisse (Commune de Concise), attribuée à l'époque romaine. Le banc de calcaire urgonien permettait l'exploitation de pièces d'architecture de grande taille, transportées par barque à Avenches, notamment (photo AC).

Figure 6.–Ce masque d'un génie pourvu d'attributs végétaux ornait une acrotère sommitale, sur la toiture d'un édifice officiel gallo-romain à Vidy ou à Nyon. Il a été retrouvé en 1990 en réemploi dans les fondations de l'église St-Martin de Vevey. A l'origine, au 1er - 2e siècle après J.-C., il a été vraisemblablement extrait des carrières de Seyssel (Ain, France) (photo Fibbi-Aeppli).

le long des voies carrossables ou près des voies d'eau par lesquelles s'effectuait le transport. Une habile sélection, selon les exigences de la nouvelle architecture, va déterminer les roches locales adéquates et faire ouvrir les carrières nécessaires. Un réseau de transport sera adapté pour amener les matériaux aux divers sites.

La pierre pour le petit appareil assisé des murs gallo-romains (galets bréchés) est extraite des graviers et moraines dans le bassin lémanique et dans les calcaires hauteriviens de la rive nord du lac de Neuchâtel, pour la région des trois lacs subjurassiens. Pour la construction de la muraille d'Avenches, on estime que plus de 250'000 m³ de pierres ont été amenés par barques dans les années 70 à 72 après J.-C. La pierre massive choisie pour les blocs d'architecture (colonnes, chapiteaux, etc.) est le calcaire urgonien, exploité dans les carrières de Seyssel pour le domaine lémanique et le Valais, et de Concise - La Raisse, pour le Nord. Le mode de préparation et d'extraction gallo-romain est bien visible dans cette dernière carrière, où un secteur a été remis au jour (fig. 5).

La pierre destinée à rester exposée aux intempéries (gradins de théâtre et d'amphithéâtres, chaperons, etc.) est paradoxalement la molasse dans le bassin lémanique et le grès de la Molière au nord. Cette

Figure 7.–Carrière d'extraction de meules à grain domestiques, d'époque romaine, dans un affleurement de grès de la Molière, à Chavannes-le-Chêne (photo Fibbi-Aeppli). Cette industrie était déjà bien développée à la fin de l'Age du Fer.

Figure 8.–Les fouilles de 2006-2007 au Mormont, dans un site de fosses à dépôts votifs, ont livré de très nombreuses meules en grès de la Molière, enfouies vers 100 av. J.-C. (photo Archéodunum SA).

roche particulière a produit également les meules rotatives domestiques que l'on devait trouver dans chaque maison. Une carrière exploitant spécifiquement un banc de grès de la Molière pour y tailler les ébauches de meules a été mise au jour à Chavannes-le-Chêne (fig. 7). Ce site visitable, sur un itinéraire du chemin des Blés, est doté aujourd'hui de panneaux de présentation très complets.

La même pierre a été déjà exploitée à la fin du 2e siècle avant J.C. par les carriers helvètes: les fosses à dépôts votifs découvertes en 2006 au Mormont ont déjà livré plus de 50 meules extraites dans le nord du canton (fig. 8).

Le développement durable à la mode antique

Certaines pierres ont la vie dure et cette qualité leur a valu plusieurs cycles d'utilisation.

Un exemple spectaculaire montre qu'on ne laissait rien perdre de la bonne marchandise au Bas-Empire romain. La ville romaine de Nyon (Colonia Julia Equestris) ayant perdu sa qualité de chef-lieu régional au profit de Genève, promue au rang de siège épiscopal, la cité de Genava a été dotée d'un mur d'enceinte, pour lequel on a tout simplement démantelé les monuments prestigieux du Forum de Nyon, en y prélevant les blocs de grand appareil en calcaire urgonien, pour les transporter au bout du lac par voie d'eau.

Il subsistait encore de nombreuses pièces à Nyon aux 12e et 13e siècles après J.-C., quand l'exploitation a repris, à l'occasion de la construction de l'abbaye cistercienne de Bonmont, de la cathédrale de Lausanne (soubassement) et de nombreux autres édifices religieux autour du Léman, où l'on retrouve des blocs nyonnais caractéristiques (fig. 9).

Des recyclages analogues s'observent à Avenches et dans la région, où la construction traditionnelle du 12e siècle à l'époque actuelle est réalisée essentiellement en matériaux gallo-romains importés et réutilisés.

Ces réemplois répondent bien entendu à un opportunisme compréhensible, mais ils révèlent également une admiration certaine pour la qualité de la construction gallo-romaine, dont on était fier d'incorporer quelques belles pièces dans son propre édifice.

Un sentiment un peu analogue incite aujourd'hui les nouveaux propriétaires de maisons en architecture traditionnelle à décrépir leurs façades, pour bien montrer que leur édifice est bel et bien «en pierre naturelle» ! ■

Denis Weidmann est archéologue cantonal
du Canton de Vaud

© Association pour le patrimoine naturel et culturel du canton de Vaud, 2007
Reproduction autorisée avec mention de la source

Publications de l'Association pour le patrimoine naturel et culturel du canton de Vaud

Le Patrimoine existe, nous l'avons rencontré. Etats généraux du 6 décembre 1997. Lausanne 1997, 182 p.

Patrimoine et Constitution. «Documents» n° 1. Lausanne 1998, 33 p.

Les acteurs du patrimoine. «Documents» n° 2. Lausanne 1999, 46 p.

Inventaires et recensements. «Documents» n° 3. Lausanne 2000, 64 p.

Propos libres sur le patrimoine. «Documents» n° 4. Lausanne 2001, 69 p.

www.patrimoine-vd.ch. «Documents» n° 5. Lausanne 2002, 62 p.

Fragments pour une histoire du cinéma amateur en Suisse. «Documents» n° 6. Lausanne 2005, 49 p.

Les archives littéraires. «Documents» n° 7. Lausanne 2005, 52 p.

Qu'as-tu fait de tes cent ans ? Palais de Rumine 1906-2006. «Documents» n° 8. Lausanne 2006, 96 p.