

# MB 2004-05

ACTES DU PREMIER COLLOQUE DU PATRIMOINE GEOLOGIQUE DU QUEBEC

Documents complémentaires

*Additional Files*



Licence



Licence

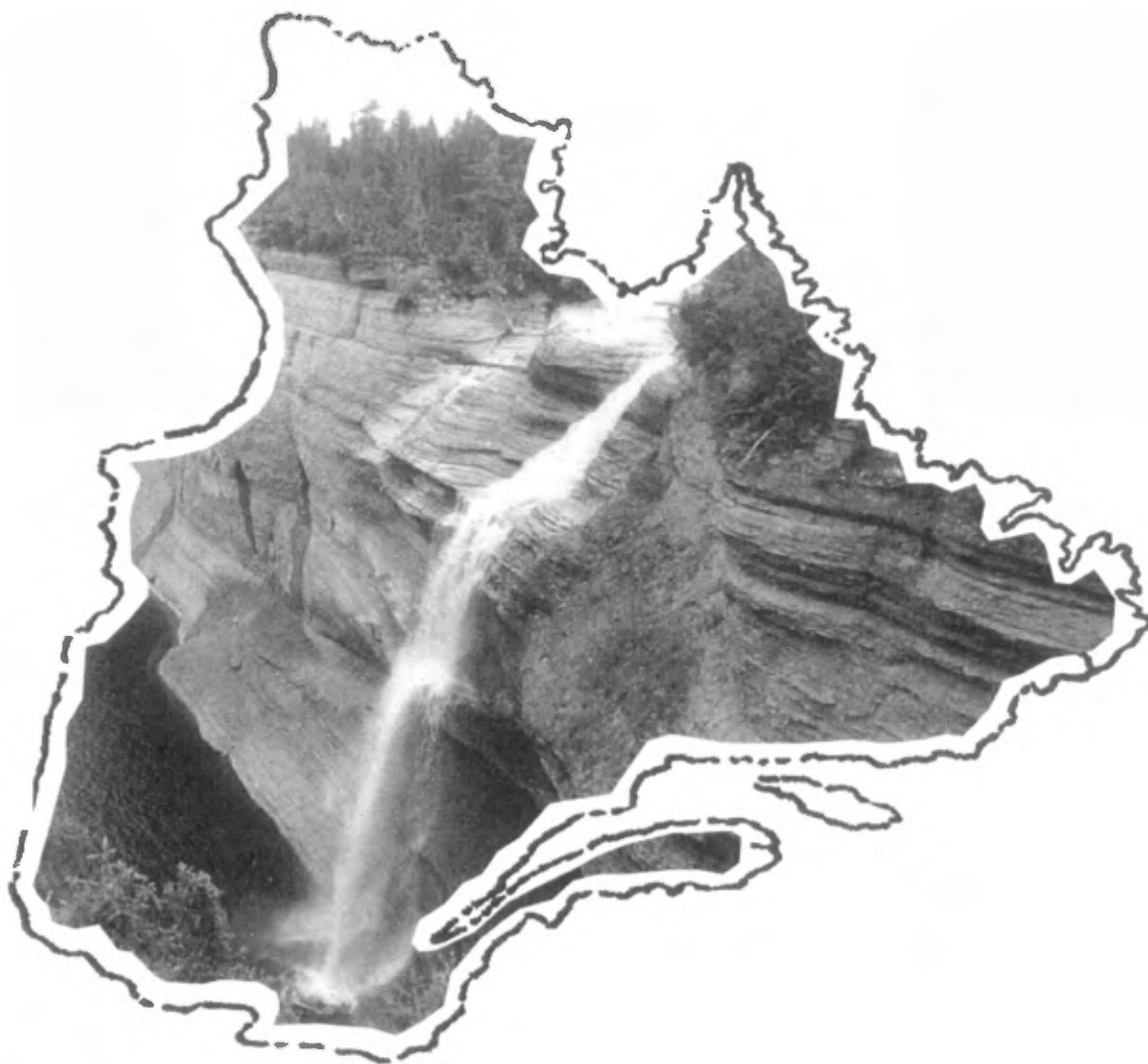
Cette première page a été ajoutée  
au document et ne fait pas partie du  
rapport tel que soumis par les auteurs.

Énergie et Ressources  
naturelles

Québec 

# Actes du premier colloque du Patrimoine géologique du Québec

Montréal, 8 et 9 septembre 2000 – Biodôme de Montréal



**MB 2004-05**

Édité par G. Prichonnet et M. A. Bouchard

# Actes du premier colloque du Patrimoine géologique du Québec

Montréal, 8 et 9 septembre 2000 – Biodôme de Montréal

MB 2004-05

Édité par G. Prichonnet et M. A. Bouchard

## COMMANDITAIRES



Comité canadien  
sur les Météorites  
et les Impacts



**McGill** Musée Redpath



Musée minéralogique  
et minier de Thetford Mines



Parc national  
de Miguasha



Club de minéralogie  
de Montréal



Musée  
de  
Paléontologie  
et de  
l'Évolution

Ressources  
naturelles,  
Faune et Parcs

Québec 

**DOCUMENT PUBLIÉ PAR « GÉOLOGIE QUÉBEC »**

**Directeur**

Alain Simard

**Chef du service géologique de Québec**

Pierre Verpaelst

**Éditeurs**

Gilbert Prichonnet et Michel A. Bouchard

**Supervision technique**

Charlotte Grenier

Document accepté pour publication le 2004-05-31

**NOTE**

Ce document est une reproduction fidèle des manuscrits soumis par les auteurs sauf pour une édition sommaire et une mise en page destinées à assurer une qualité convenable de reproduction.

---



---

## TABLE DES MATIÈRES

---

**PRÉFACE**

*Jean-Louis Caty* ..... 7

**NOTE DES ÉDITEURS**

*Gilbert Prichonnet et Michel A. Bouchard* ..... 9

**PARTIE I**

**BILAN PROVISOIRE DU COMITÉ QUÉBÉCOIS SUR LES GÉOSITES DU QUÉBEC  
APPROCHE FRANÇAISE SUR LA CONSERVATION DU MILIEU NATUREL GÉOLOGIQUE ...** 11

**PATRIMOINE GÉOLOGIQUE QUÉBÉCOIS : LES GÉOSITES DU QUÉBEC**

*Groupe de travail sur le patrimoine géologique québécois* ..... 13

**LE PATRIMOINE GÉOLOGIQUE EN FRANCE : UN PEU D'HISTOIRE  
ET SITUATION D'AUJOURD'HUI**

*Max Jonin* ..... 29

**UNE ASSOCIATION FRANÇAISE POUR LA PROTECTION DU PATRIMOINE GÉOLOGIQUE**

*Jacqueline Lorenz* ..... 33

**PARTIE II**

**LA GÉODIVERSITÉ ET LE PATRIMOINE GÉOLOGIQUE** ..... 37

**LA GÉODIVERSITÉ ET LE PATRIMOINE GÉOLOGIQUE DU QUÉBEC**

*Roch Gaudreau* ..... 39

**LE ROCHER PERCÉ**

*Jacques Béland* ..... 41

**LES ROCHES, UN PATRIMOINE NATUREL À PRÉSERVER ET MIEUX CONNAÎTRE; L'EXEMPLE  
DE LA RÉSERVE FAUNIQUE DE PAPINEAU-LABELLE, OUTAOUAIS-LAURENTIDES**

*Louise Corriveau, Robert-André Daigneault et Pierrette Tremblay* ..... 43

**MISE EN VALEUR DU PATRIMOINE GÉOLOGIQUE ET MINIER DES APPALACHES**

*Serge Gaudard* ..... 51

**LE PATRIMOINE GÉOLOGIQUE DE L'ABITIBI, VESTIGE DE NOS PREMIERS VOLCANS**

*Michel Jébrak, Robert Marquis et Réal Daigneault* ..... 57

**LE PATRIMOINE GÉOLOGIQUE DE LA CÔTE-NORD : POUR QUI ET POURQUOI?**

*Serge Perreault* ..... 63

**MISE EN VALEUR DE QUELQUES SITES GÉOLOGIQUES DANS LA RÉGION MONTRÉALAISE**

*Gilbert Prichonnet* ..... 71

**LES CAVERNES : UN PATRIMOINE GRAVÉ PAR LE TEMPS**

*Jacques Schroeder* ..... 77

<b>PARTIE III</b>	
<b>LES FOSSILES DU QUÉBEC</b> .....	85
LES CHITINOZOAIRE : CE QU'ILS NOUS RÉVÈLENT SUR L'HISTOIRE GÉOLOGIQUE, LA PALÉOGÉOGRAPHIE ET LE POTENTIEL EN HYDROCARBURES DU QUÉBEC <i>Aicha Achab, Esther Asselin, Azzedine Soufiane et Rudolf Bertrand</i> .....	87
LE PARC DE MIGUASHA EN GASPÉSIE : UN SITE NATUREL DU PATRIMOINE MONDIAL DE L'UNESCO AU CŒUR DE L'HISTOIRE DES POISSONS FOSSILES DU QUÉBEC <i>Richard Cloutier, Sylvain Desbiens et Marius Arsenault</i> .....	95
LES PALÉONTOLOGUES AMATEURS AU QUÉBEC : ÉTAT DE LA SITUATION ET LEUR AVENIR <i>Albert Cornu</i> .....	103
LES VERTÉBRÉS DU QUATERNAIRE DU QUÉBEC : UN RÉSUMÉ QUATERNARY VERTEBRATES OF QUÉBEC: A SUMMARY <i>Charles R. Harington</i> .....	107
PRECAMBRIAN FOSSILS IN QUÉBEC <i>Hans J. Hofmann</i> .....	109
SURVOL DES LOCALITÉS FOSSILIFÈRES ÉVIDENTES DU CAMBRIEN AU DÉVONIEN DU QUÉBEC <i>Pierre J. Lespérance</i> .....	115
ÎLE D'ANTICOSTI : PATRIMOINE GÉOLOGIQUE MONDIAL ET HYPOSTRATOTYPE DE LA LIMITE ORDOVICIEN-SILURIEN <i>Allen A. Petryk</i> .....	117
<b>PARTIE IV</b>	
<b>LES MINÉRAUX DU QUÉBEC</b> .....	123
LA MINÉRALOGIE COMME LOISIR SCIENTIFIQUE <i>André Bérard</i> .....	125
LE MONT SAINT-HILAIRE : UNE MONTÉRÉGIENNE PAS COMME LES AUTRES <i>Isabelle Legeai</i> .....	127
LA RICHESSE ET LA DIVERSITÉ MINÉRALOGIQUE DU QUÉBEC <i>Robert F. Martin</i> .....	133
QUI NOMME LES MINÉRAUX DÉCOUVERTS AU QUÉBEC? UN APERÇU DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET AMATEURE D'ICI <i>Jeanne Paquette</i> .....	135
THE FAME AND SIGNIFICANCE OF MONT SAINT-HILAIRE AS A MINERAL LOCALITY <i>László Horváth</i> .....	137

<b>PARTIE V</b>	
<b>LES MÉTÉORITES DU QUÉBEC .....</b>	<b>143</b>
<b>LES COLLECTIONS DE MÉTÉORITES AU QUÉBEC</b>	
<i>André Bordeleau et Pierre Lacombe .....</i>	<i>145</i>
<b>LES MÉTÉORITES DU QUÉBEC ET D'AILLEURS</b>	
<i>Pierre Lacombe .....</i>	<i>149</i>
<b>PARTIE VI</b>	
<b>POUR EN SAVOIR PLUS SUR LES SCIENCES DE LA TERRE</b>	
<b>ET LE PATRIMOINE GÉOLOGIQUE.</b>	
<b>DES PROJETS À VENIR.....</b>	<b>155</b>
<b>THE REDPATH MUSEUM</b>	
<i>Graham Bell .....</i>	<i>157</i>
<b>LE MUSÉE DE GÉOLOGIE RENÉ-BUREAU DE L'UNIVERSITÉ LAVAL</b>	
<i>André Lévesque .....</i>	<i>161</i>
<b>COMPTE-RENDU D'UNE ÉTUDE SUR LES PRODUITS TOURISTIQUES DE TYPE</b>	
<b>ACTIVITÉS SPORTIVES DE PLEINE NATURE BASÉS SUR LA MISE EN VALEUR</b>	
<b>DU PATRIMOINE GÉOLOGIQUE</b>	
<i>Philippe Letourneur .....</i>	<i>163</i>
<b>LES GÉOPANORAMAS : UN OUTIL DE SENSIBILISATION</b>	
<b>AU PATRIMOINE NATUREL ET GÉOLOGIQUE DU QUÉBEC</b>	
<i>Pascale Côté, Gilbert Prichonnet, Aïcha Achab, Pierre Bédard, Marie Larocque et Yves Michaud.....</i>	<i>169</i>
<b>EXCURSION SUR LA PIERRE DE TAILLE ET ORNEMENTALE DE LA RUE</b>	
<b>SHERBROOKE OUEST ET DU SQUARE DORCHESTER</b>	
<i>Robert Ledoux, Henri-Louis Jacob et Dinu Bumbaru .....</i>	<i>171</i>
<b>ANNEXE I</b>	
<b>COORDONNÉES DES DÉPARTEMENTS DES SCIENCES DE LA TERRE,</b>	
<b>DE GÉOLOGIE ET DE GÉNIE MINIER DES UNIVERSITÉS AU QUÉBEC .....</b>	<b>172</b>
<b>ANNEXE II</b>	
<b>COORDONNÉES DE LA DIRECTION DE GÉOLOGIE QUÉBEC</b>	
<b>ET DE SES BUREAUX RÉGIONAUX .....</b>	<b>173</b>
<b>ANNEXE III</b>	
<b>COORDONNÉES DES ORGANISMES OEUVRANT À LA PROMOTION</b>	
<b>DE LA GÉOLOGIE AU QUÉBEC .....</b>	<b>174</b>
<b>ANNEXE IV</b>	
<b>AUTRES ADRESSES POUR EN SAVOIR PLUS SUR LE PATRIMOINE GÉOLOGIQUE</b>	
<b>DANS QUELQUES PAYS ET AILLEURS AU CANADA .....</b>	<b>176</b>



---

*« Le patrimoine géologique, c'est la Mémoire de la Terre, inscrite dans les profondeurs de son sol et sur sa surface, dans les paysages, les roches, les minéraux, les fossiles... »*  
(Déclaration des droits de la Terre, à Digne, France, 1993)

## PRÉFACE

Les premiers pas vers la protection du patrimoine géologique ont été accomplis lors du premier colloque sur le patrimoine géologique québécois, organisé par l'Association professionnelle des géologues et des géophysiciens du Québec (APGGQ) qui s'est tenu à Montréal en septembre 2000. À cette occasion, la communauté géoscientifique a mis en évidence la richesse que constitue ce patrimoine comme l'importance de le protéger. Le présent document rassemble la plupart des conférences ou affiches présentées lors de ce colloque.

Le ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs a, depuis, participé activement à l'élaboration d'une politique de protection des sites géologiques exceptionnels dans le cadre de la Stratégie québécoise sur les aires protégées du gouvernement du Québec. Aujourd'hui, le Ministère est fier de s'associer à la publication des Actes du premier colloque de même qu'au deuxième colloque sur le patrimoine géologique québécois qui aura lieu à Québec le 26 novembre 2004.

J'espère que ce document, de même que les actions qui suivront, sauront inspirer non seulement la communauté géoscientifique mais aussi le public en général quant à l'importance de l'aspect géologique du patrimoine naturel du Québec.

Le sous-ministre associé aux Mines

Jean-Louis Caty



## NOTE DES ÉDITEURS

**Le premier colloque sur le Patrimoine Géologique du Québec** s'est tenu au Biodôme de Montréal, les 8 et 9 septembre 2000. Son importance, bien que soulignée par plusieurs articles de la presse, va bien au-delà de l'événement lui-même, relativement modeste : une centaine de participants, une dizaine d'organismes partenaires et une quinzaine de présentations – sans oublier une matinée de visite guidée sur les « vieilles pierres » du centre de Montréal.

En effet, ce colloque a fait prendre conscience de la nécessité de s'intéresser à une richesse quelque peu négligée, celle d'un passé considéré comme indestructible tellement il est présent partout dans le pays. Peut-on mettre en danger les immensités rocheuses vieilles de plusieurs milliards d'années? Est-il possible de détruire nos paysages que la Nature a façonnés durant des milliers d'années? Bien sûr, la Terre et les paysages survivront à l'espèce humaine. Mais l'expérience montre que des héritages naturels peuvent être mis en danger, tout autant que des œuvres humaines plus fragiles par définition!

L'ouvrage qui est présenté ici concrétisera cette prise de conscience et servira d'assises à un deuxième colloque qui montrera certainement, en automne 2004, l'importance scientifique et économique de la valorisation de cette richesse naturelle que nous possédons, afin d'en faire un élément supplémentaire et de plein droit de notre culture scientifique. Richesse, il faut le dire, qui représente parfois des témoins exceptionnels de l'évolution de la planète.

Ces *Actes du premier Colloque sur le Patrimoine Géologique du Québec* s'inscrivent donc dans une démarche de rattrapage, si l'on se compare à certains vieux pays d'Europe, et aussi d'avant-garde par rapport à d'autres régions de notre continent et du reste du Canada. Ils rassemblent les présentations du colloque, orales et par affiches, et quelques contributions sollicitées par les éditeurs.

**La partie I du volume** permettra au lecteur de mesurer le chemin à parcourir et le progrès accompli en matière de protection du Patrimoine Géologique du Québec. Il y trouvera deux présentations par des invités français : ceux-ci évoquent, avec une approche historique, les rôles de diverses organisations de leur pays oeuvrant à la protection et la valorisation de ce bien qui représente le passé géologique; ils annoncent et proposent de nouveaux défis. De plus, la présentation d'un document de réflexion, préparé par le *Groupe de travail sur le patrimoine géologique québécois*, résume l'état d'avancement des efforts accomplis depuis le colloque : le texte, soumis au jugement de tous les partenaires actuels et futurs, donne une solide orientation et propose un bon cadre à toute action qui sera entreprise pour protéger les **Géosites** du Québec.

**La partie II des actes** contient huit documents. Elle réunit les cinq présentations de la session 1 du Colloque, sous le titre « **La géodiversité et le patrimoine géologique** », et trois articles sollicités postérieurement. Elle conduit le lecteur de l'Abitibi minière à la Gaspésie, en passant par la Côte-Nord, les Laurentides et la région de Montréal. Du rocher Percé aux cavernes dispersées sur le territoire du Québec, le lecteur pourra apprécier ou découvrir un inventaire riche de promesse.

**La partie III**, avec sept présentations, nous introduit au vaste monde des **Fossiles du Québec** (Session 2 du Colloque) : les microscopiques (Chitonozoaires), les exceptionnels (poissons fossiles du Dévonien de Miguasha, patrimoine mondial), les plus anciens (du Précambrien) et les très récents (les vertébrés de la Mer de Champlain, au Quaternaire), et aussi ceux qui peuvent servir de référence aux stratigraphes du monde (pour le Siluro-Dévonien, sur l'Île d'Anticosti). De plus, un tour d'horizon sur les sites fossilifères du Paléozoïque du Québec, par le regretté professeur Pierre Lespérance, ouvre de nombreuses perspectives sur des sites connus seulement des spécialistes. Enfin, l'article sur le rôle du paléontologue amateur invitera tous ceux et celles que l'histoire de la vie terrestre passionne à contribuer à la sauvegarde de ces témoins disparus.

La session 3 du Colloque sur les **Minéraux du Québec** est présentée à la **partie IV**. S'y trouvent réunis trois présentations du Colloque et deux articles sollicités. Le lecteur y trouvera donc une belle variété de thèmes et de sujets. On sait que la minéralogie peut tout autant intéresser l'amateur que le chercheur spécialiste : l'un et l'autre travaillent patiemment à dégager un minéral commun ou rare, mais toujours avec passion! On pourra aussi y apprendre comment nommer un nouveau minéral. Cette section contient en outre deux articles sur l'un des sites du Québec mondialement connus, le mont Saint-Hilaire.

Les **Météorites et cratères du Québec**, ou quatrième session des présentations du colloque, font l'objet de la **partie V** : deux articles y font le bilan des connaissances sur les météorites du Québec et rappellent aussi, pour l'amateur comme pour le connaisseur, la richesse du monde des météores qui émerveille toujours l'humanité, après l'avoir effrayée durant des siècles : chaque été, dans l'hémisphère Nord, on parle beaucoup de la pluie d'étoiles filantes! Quant aux géologues, ils sont toujours à la recherche des anciens cratères qui pourraient correspondre à l'une ou l'autre des grandes extinctions de la planète.

Dans la **partie VI**, on a regroupé cinq documents, dont une présentation du colloque sur le **Musée de géologie René Bureau** de l'Université Laval et diverses contributions sollicitées : le **Redpath Museum** de l'Université McGill, un

compte-rendu sur des produits géotouristiques potentiels du Québec et une réalisation de promotion du patrimoine naturel et géologique du Québec auprès du public scolaire en particulier (Les Géopanoramas de Québec et Montréal). Le cinquième document fait référence à un site Internet qui présente **l'excursion sur les vieilles pierres du centre de Montréal** qui s'est tenue dans le cadre du Colloque. C'est en fait une véritable histoire des pierres à bâtir que les auteurs nous invitent à partager. Ces quelques contributions, aux contenus et objectifs variés, éveilleront sans doute de nouveaux adeptes pour faire la promotion du Patrimoine Géologique du Québec.

Enfin, **quatre annexes** fournissent au lecteur un ensemble d'adresses utiles pour quiconque veut en savoir plus sur les activités des groupes oeuvrant dans le domaine des sciences naturelles et physiques (géologie, paléontologie, minéralogie, cosmologie), ou encore veut entrer en relation avec des spécialistes des sciences de la Terre dans les Universités et les centres régionaux du Ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs du Québec.

On y présente aussi quelques sites Internet, qui ouvrent les portes de pays ayant déjà de nombreuses réalisations en matière de conservation et valorisation des sites naturels et géologiques.

En terminant, nous souhaitons remercier sincèrement toutes les personnes qui représentaient les organisations ayant contribué à faire du premier colloque un succès, et les auteures et auteurs des contributions réunies dans les actes de ce premier colloque. Tous les textes ont été révisés par le premier éditeur, à l'exception du document de l'excursion, accessible par un lien internet. Les auteures et auteurs demeurent toutefois responsables de leurs contributions.

Des remerciements particuliers sont adressés à celles et ceux qui ont assuré l'excellente organisation des deux journées d'activités : André Bérard, Ingrid Birker, Francino Bouchard, Michel Chartier, Albert Cornu, Mario Cournoyer, Nathalie Daoust, Béatrice Morel, Marcel Parent et Pauline Provencher.

Grigor Heba, pour l'informatique, et Sandra Villagrasa, pour la reprise de quelques textes, ont contribué à la réalisation technique du document : nous leur en sommes reconnaissants.

Enfin, soulignons que c'est grâce au Ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs que cet ouvrage est maintenant accessible.

Les éditeurs

Gilbert Prichonnet  
Michel A. Bouchard

# PARTIE I

## BILAN PROVISOIRE DU COMITÉ QUÉBÉCOIS SUR LES GÉOSITES DU QUÉBEC APPROCHE FRANÇAISE SUR LA CONSERVATION DU MILIEU NATUREL GÉOLOGIQUE

Cette partie des Actes contient trois documents.

Le premier est le fruit d'une réflexion de plusieurs mois de travail par un groupe de personnes représentant l'ensemble des intervenants de la recherche et du milieu professionnel oeuvrant en sciences de la Terre et en géologie appliquée. Le groupe de travail a pu voir le jour, certainement, grâce à l'impulsion donnée par le premier colloque tenu à Montréal en 2000. Le texte proposé ici servira de base à la réflexion de toutes les personnes qui voudront bien s'impliquer dans l'identification et la protection du patrimoine géologique du vaste territoire que représente le Québec.

Les deux autres textes présentent des contributions de personnes invitées à nous faire part de quelques aspects de la conservation du milieu naturel géologique, tel que perçu par des organisations de France travaillant à cet objectif.

<b>PATRIMOINE GÉOLOGIQUE QUÉBÉCOIS : LES GÉOSITES DU QUÉBEC</b> <i>Groupe de travail sur le patrimoine géologique québécois</i> .....	13
<b>LE PATRIMOINE GÉOLOGIQUE EN FRANCE : UN PEU D'HISTOIRE ET SITUATION D'AUJOURD'HUI</b> <i>Max Jonin</i> .....	29
<b>UNE ASSOCIATION FRANÇAISE POUR LA PROTECTION DU PATRIMOINE GÉOLOGIQUE</b> <i>Jacqueline Lorenz</i> .....	33



# PATRIMOINE GÉOLOGIQUE QUÉBÉCOIS : LES GÉOSITES DU QUÉBEC

## Groupe de travail sur le patrimoine géologique québécois

*La liste des participants au Groupe de travail est présentée à l'annexe 3 du présent article.*

### INTRODUCTION

À l'automne 2001, le gouvernement du Québec a décidé de mettre en œuvre sa *Stratégie québécoise des aires protégées*. Elle implique les ministères qui interviennent sur le territoire : le ministère de l'Environnement, le ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs (secteurs des forêts, des mines, de l'énergie, du territoire, de la faune et des parcs). Cette volonté découle de la Conférence sur l'environnement et le développement des Nations unies, à Rio de Janeiro en 1992. C'est lors de cette conférence qu'on a proposé les bases pour le développement durable, qui assurera l'équilibre et le futur de la planète. Cette entente inclut l'objectif de protéger 8 % du territoire.

En décembre 2001, le ministère des Ressources naturelles (MRN) a pris en main le dossier des sites géologiques qui méritent d'être protégés dans le cadre de la *Stratégie québécoise sur les aires protégées* (ministère de l'Environnement, 1999, 2002). Cette action résulte de démarches entreprises par l'Association professionnelle des géologues et géophysiciens du Québec (APGGQ) en 2001 et par l'Ordre des géologues du Québec en 2002 auprès du MRN (Prichonnet, 2001 et Bouchard, 2002).

Un groupe de travail a été mis sur pied en décembre 2002 pour mettre en place une stratégie pour désigner des géosites (sites géologiques exceptionnels). Ce groupe de travail est constitué de représentants de l'industrie minière, des universités, d'organisations professionnelles et du MRN (voir annexe 3). Les objectifs de ce groupe de travail sont :

- 1) d'élaborer un plan d'action;
- 2) de développer un processus de désignation de géosites;
- 3) de le soumettre en consultation; et
- 4) de le mettre en place d'ici 2004.

Les objectifs de la stratégie québécoise sur les sites géologiques exceptionnels sont multiples. L'intérêt scientifique est certain, mais les principaux objectifs en sont aussi d'éducation et de sensibilisation des gens au monde minéral. La façon privilégiée pour atteindre cet objectif est la mise en valeur des « trésors » géologiques et miniers du Québec. La géologie du Québec est très diversifiée. Elle diffère beaucoup d'une région à l'autre et a influencé le développement économique et même, dans une certaine mesure, la culture de ces régions du Québec de façon très contrastante. C'est pourquoi il faudra une stratégie non pas seulement à l'échelle du Québec mais aussi dans chacune des régions.

### POURQUOI DES SITES GÉOLOGIQUES À PROTÉGER?

La Terre est le support ultime de tous les écosystèmes connus et à découvrir. Autrement dit, elle est le support de la vie telle que nous la connaissons dans sa faune et sa flore.

La géologie est l'étude de la Terre, de ses origines, de son évolution et des phénomènes qui continuent à la modeler. Le patrimoine géologique, c'est la *Mémoire de la Terre*, inscrite dans les profondeurs de son sol et sur sa surface, dans les paysages, les roches, les minéraux, les fossiles... (Déclaration des droits de la Terre, à Digne, France, 1993). Le patrimoine géologique, c'est, en quelque sorte, les archives de la Terre, sous d'innombrables formes. Les sites géologiques exceptionnels (ci-après appelés géosites) sont désignés ainsi pour protéger ces archives.

Tout comme la *Stratégie québécoise des aires protégées* vise la protection et la conservation de la diversité naturelle, la stratégie des sites géologiques exceptionnels a comme objectif d'assurer la protection et la conservation de la diversité géologique ou « géodiversité », c'est-à-dire toute la variété d'environnements et d'éléments géologiques qu'on trouve au Québec. La diversité géologique est elle aussi menacée par des catastrophes naturelles et par les interventions de l'homme sur son milieu.

Pourquoi est-il si important de protéger la géodiversité? Parce qu'elle permet de mieux comprendre tous les éléments du cycle géologique. Ces éléments font l'objet de nombreuses études scientifiques, favorisant ainsi une meilleure connaissance. Il s'agit aussi d'un héritage que nous laissons aux générations à venir pour qu'elles puissent profiter autant de la composante géologique que de la composante biologique des écosystèmes.

Il existe déjà des aires protégées au Québec : parcs nationaux provinciaux et fédéraux, réserves écologiques, réserves fauniques, écosystèmes forestiers exceptionnels. Certaines aires comprennent même des sites géologiques exceptionnels comme le parc de Miguasha en Gaspésie. Mais il n'existe pas encore de stratégie québécoise de protection pour les sites géologiques exceptionnels.

Voilà pourquoi il est important d'adopter une stratégie de protection des sites, des environnements, des paysages, des phénomènes et des collections qui constituent le patrimoine géologique, les archives de l'histoire de la Terre. Les sites géologiques exceptionnels :

- permettent et nous permettront une meilleure connaissance de l'évolution des milieux, de la vie et donc de notre propre évolution.

- appartiennent à toute l'humanité. Et à ce titre, elles doivent être accessibles à tous, ce qui veut dire que nul ne peut se les approprier pour un usage exclusif.

- présentent un intérêt pour le développement économique local, national ou de l'humanité entière.

- ont une valeur esthétique. Ils font partie de nos paysages familiers qui font que nous avons, comme tout être vivant, un horizon familier qui nous enracine à notre terroir, malgré notre curiosité qui nous pousse à explorer toujours plus notre monde et l'espace.

### QU'EST-CE QU'UN SITE GÉOLOGIQUE EXCEPTIONNEL (GÉOSITE)?

Pour l'UNESCO, un site géologique exceptionnel peut faire partie du patrimoine mondial s'il a une valeur universelle exceptionnelle du point de vue de la science et de la conservation. L'UNESCO a ainsi défini les géosites et les géoparcs :

**Géosite :**

un site géologique remarquable, voire exceptionnel, est un site ponctuel ou une « aire », de quelques m<sup>2</sup> à quelques km<sup>2</sup>, qui peuvent s'étendre au niveau de « paysage », ayant une importance géologique et scientifique, dont le caractère géologique (minéral, structural, géomorphologique, physiographique) répond à un ou plusieurs des critères d'exception (précieux, rare, vulnérable, menacé).

**Géoparc :**

une zone spéciale renfermant des éléments d'une rareté ou d'une beauté et d'un intérêt géologique particulier. Ces éléments devront être représentatifs de l'Histoire géologique d'une région donnée ainsi que des événements et processus qui l'ont formée.

« Pour être inscrits sur la *Liste du patrimoine mondial*, les sites géologiques doivent impérativement avoir « **une valeur universelle exceptionnelle** », comme le stipule l'article 2 de la Convention selon lequel sont considérées comme patrimoine naturel : *les formations géologiques et physiographiques et les zones strictement délimitées constituant l'habitat d'espèces animales et végétales menacées, qui ont une valeur universelle exceptionnelle du point de vue de la science ou de la conservation* ». (UNESCO, 2000).

Dans la stratégie québécoise du patrimoine géologique, un site doit avoir une valeur exceptionnelle, mais pas nécessairement à l'échelle mondiale, pourvu qu'il ait une valeur à l'échelle nationale.

Les critères d'exception sont nombreux. Un seul de ces critères peut toutefois être suffisant pour déclarer un site géologique digne de faire partie du patrimoine. On considérera généralement une combinaison de critères. Voici une liste de critères de sélection de géosites :

- intérêt scientifique,
- intérêt géotouristique,
- intérêt didactique,
- intérêt historique,
- intérêt culturel, spirituel et social,
- intérêt économique,
- intérêt mondial,
- lien avec la biodiversité,
- refuge d'espèces rares et menacées,
- esthétique,
- représentativité (valeur universelle),
- jalon dans l'histoire stratigraphique,
- paléobiodiversité,
- rareté ou unicité (irremplaçable),
- caractère précieux,
- vulnérabilité,
- caractère menacé,
- qualité ou état de préservation,
- dimension,
- accessibilité.

Il faut toujours garder à l'esprit les objectifs de la stratégie des géosites :

- une meilleure connaissance de l'évolution des milieux, de la vie et donc de notre propre évolution;
- un accès à tous, ce qui veut dire que nul ne peut se les approprier pour un usage exclusif;
- une participation au développement économique local, régional, national ou de l'humanité entière;
- une valeur esthétique.

Le tableau 1 (annexe 1) résume les définitions de dix types de géosites pouvant faire l'objet de géosites ou de géoparcs du patrimoine géologique québécois. Ce tableau donne la définition, une explication, les critères de sélection et des exemples pour chacun des types de sites géologiques pouvant faire partie du patrimoine géologique québécois. Ce tableau se veut un outil pour guider les intéressés dans leurs propositions de sites géologiques exceptionnels. Il ne doit donc pas être appliqué de façon stricte. Plusieurs sites peuvent d'ailleurs être classés dans l'un ou dans l'autre de ces types de sites.

### OÙ SONT LES GÉOSITES À PROTÉGER?

Les géosites peuvent se retrouver sur :

- les terres du domaine de l'État, y compris les terres publiques, les parcs et réserves fauniques;
- les propriétés privées de particuliers ou d'entreprises;
- des municipalités; et
- des territoires autochtones (Nunavik, réserves amérindiennes).

Les sites géologiques potentiels se retrouvent ainsi distribués un peu partout sur le territoire québécois. Plusieurs sont situés dans la partie sud qui est aussi la zone la plus peuplée. Le critère de l'accessibilité y est donc facile à appliquer. Toutefois, l'utilisation du territoire à d'autres

fins peut constituer un obstacle majeur. C'est tout le contraire dans des zones comme le Grand-Nord. Certains sites localisés dans cette zone ont un intérêt scientifique, éducatif ou touristique certain, mais ils sont difficiles d'accès.

En raison de leur localisation géographique et de l'état de leur tenure, les sites potentiels peuvent impliquer éventuellement beaucoup d'intervenants tels que :

- ministères et agences (Ressources naturelles, Faune et Parcs, Environnement, Culture);
- groupes d'intérêt (Conférence permanente sur le patrimoine géologique, Ordre des géologues du Québec, commerçants, municipalités...);
- universités, collèges, musées, centres de recherche;
- organismes chargés de l'aménagement du territoire;
- communautés autochtones.

On recherchera une représentativité régionale dans la distribution des sites. Chaque région devra pouvoir s'enorgueillir de ses géosites et les mettre en valeur.

## COMMENT PROTÉGER LES GÉOSITES?

En 1994, l'Union mondiale pour la nature (UICN) a inventorié et défini six catégories d'aires protégées. Les voici :

- Ia : Réserve naturelle intégrale,
- Ib : Zone de nature sauvage,
- II : Parc national,
- III : Monument naturel,
- IV : Aires gérées pour l'habitat et les espèces,
- V : Paysages terrestres ou marins,
- VI : Aires protégées de ressources naturelles gérées.

On peut noter que les catégories Ia, Ib, III et V, principalement, font explicitement référence aux éléments naturels de la Terre : « paysage ou formations rocheuses » (Ia); « éléments géologiques, physiographiques... » (Ib); « éléments naturels tels que... gisements de fossiles » (III), « paysage terrestre ou marin protégé » (V).

En décembre 2002, le gouvernement du Québec a adopté la Loi sur la conservation du patrimoine naturel. Ce « *projet de loi prévoit la possibilité de protéger certains milieux naturels en conférant à des parties du territoire du Québec le statut de réserve de biodiversité, de réserve aquatique, de réserve écologique ou de paysage humanisé* ».

Les géosites peuvent aussi être protégés dans le cadre de la Loi sur les parcs. Certains sites géologiques exceptionnels le sont déjà d'ailleurs.

Enfin, la Loi sur les biens culturels permet au gouvernement de « *déclarer arrondissement naturel un territoire, en raison de l'intérêt esthétique, légendaire ou pittoresque que présente son harmonie naturelle* ». Ces critères s'appliquent très bien à certains sites géologiques.

Mais avant de pouvoir classer les géosites dans ces catégories, il faut savoir lesquels seront retenus. Pour ce faire, il faut mettre en place un processus qui se résume en une série d'actions pour en arriver à une désignation formelle. Ces actions sont les suivantes :

### 1) Proposition d'un site :

Un site doit faire l'objet d'une proposition au moyen d'une fiche de site qui comporte différents éléments qui serviront à l'évaluation du site.

### 2) Évaluation des caractéristiques du site :

- Localisation et accès du site;
- description et inventaire des propriétés physiques du site;
- tenure du site (propriétaire, bail, public...);
- historique du site;
- activités actuelles sur le site (utilisateurs actuels);
- potentiel (utilisateurs potentiels);
- état actuel (menaces?);
- existence d'un plan d'aménagement.
- application des critères de sélection et adéquation du site par rapport à la définition de géosite ou de géoparc.

Cette évaluation du site est d'autant plus importante que les éléments de l'évaluation serviront à :

- promouvoir le site;
- justifier l'allocation de ressources nécessaires à sa préservation et à sa mise en valeur;
- définir sa compatibilité avec d'autres utilisations;
- guider les gestionnaires éventuels du site; et
- fournir une base de connaissances pour des fins éducatives.

C'est l'importance «naturelle» d'un site qui doit être évaluée, c'est-à-dire son importance par rapport à l'écosystème dont il fait partie, à la bio- et à la géodiversité du site. L'importance culturelle d'un site est aussi importante, mais elle découle le plus souvent de son caractère naturel exceptionnel. Par exemple, certains sites naturels exceptionnels qui sont devenus des sites importants au point de vue de la spiritualité pour les populations autochtones. L'importance naturelle et l'importance culturelle coïncident donc très souvent.

### 3) Identification de partenaires dans la protection d'un site

Le partenariat possible dans la stratégie de protection d'un site peut être très diversifié : propriétaires, locataires, voisins, autochtones, chercheurs scientifiques, exploitants, les municipalités, les groupes environnementaux, ministères, touristes et écotouristes, et autres partenaires cités plus haut... Le nombre et la qualité des partenaires est un baromètre (non exclusif) de l'intérêt suscité pour la protection d'un site.

### 4) Consultation

La consultation fait partie intégrante du processus de désignation de site. Elle permet d'améliorer la connaissance du site et d'obtenir éventuellement les appuis nécessaires pour le préserver. La consultation met aussi en évidence le partage possible de même que les conflits potentiels dans l'utilisation et la gestion du site.

### 5) Évaluation de coûts d'aménagement et de protection du site (s'il y a lieu).

Le calcul des coûts de l'aménagement et de la protection est une donnée essentielle pour évaluer la faisabilité du

projet de site. On devra en tenir compte dans la stratégie de mise en place du site, autant pour sa protection que pour sa mise en valeur.

#### 6) Recommandations

Le comité d'évaluation des sites devra :

- recommander ou non la sélection du site proposé;
- choisir sa classification comme géosite ou géoparc;
- définir le degré de protection que le site nécessite (en se basant sur les catégories de l'UICN)
- suggérer l'utilisation du site;
- recommander des moyens pour assurer la mise en valeur, la protection et la préservation du site. Parmi ces moyens, notons :
  - les moyens législatifs (*Lois sur les mines, les parcs, la conservation du patrimoine naturel, les biens culturels*);
  - les moyens administratifs pour appliquer le législatif;
  - les moyens financiers;
  - les mesures incitatives fiscales;
  - l'information et la sensibilisation des partenaires publics et privés;
  - la consultation des partenaires;
  - la base de données.

Pour ce faire, le groupe de travail devra proposer la mise en place d'un comité d'évaluation des géosites. La composition de ce comité reste à définir. Dans la mesure où plusieurs sites proposés se retrouveront en région, une représentation régionale ad hoc sur le comité sera souhaitable pour ces cas. Le comité pourra être constitué ainsi :

- le répondant du MRNFP pour les aires protégées
- un représentant de Géologie Québec
- un représentant de la direction du développement minéral
  - un représentant de l'AMQ
  - un représentant de l'AEMQ
  - un représentant de la Conférence permanente sur le patrimoine géologique québécois
  - un représentant des universités
  - un représentant des musées québécois

### **QUAND SE CONCRÉTISERA LA DÉSIGNATION DES GÉOSITES?**

Le groupe de travail s'est donné des objectifs, dont des produits à livrer, un échéancier et un budget. Le plan de travail est résumé au tableau 2 (annexe 2).

La démarche du groupe de travail sur les géosites se résume ainsi :

- 1) élaborer un plan d'action;
- 2) développer un processus de désignation de géosites;
- 3) soumettre un plan d'action à la consultation; et
- 4) le mettre en place d'ici 2004.

En mai 2003, les deux premières étapes sont achevées. Une partie de la troisième étape, la consultation des organisations externes au gouvernement et la consultation intersectoriels au MRNFP, est aussi achevée. Il reste la consultation des ministères partenaires dans la stratégie des sites

géologiques exceptionnels : Environnement, le secteur Faunes et Parc du MRNFP, Culture et Communications. Cette consultation se fera à l'automne 2003.

Le 1<sup>er</sup> juin 2003 a eu lieu la mise en ondes du site Internet sur les sites géologiques exceptionnels, site hébergé par celui du MRNFP. L'appel de propositions pour des sites potentiels a été lancé en même temps. C'est aussi en juin 2003 que le Service de la Géoinformation de Géologie Québec a entrepris le développement d'un outil de gestion des géosites dans le Système d'information géominière (SIGEOM). À l'automne 2003, nous serons prêts à gérer l'inventaire de ces sites.

Enfin, le cadre législatif sera élaboré à l'automne 2003 de façon à proposer des modifications aux lois existantes pour tenir compte des sites géologiques exceptionnels. Le groupe de travail doit élaborer un cadre d'intervention quant à l'administration des sites et aux mesures de protection. Tout ce processus s'intégrera dans le cadre québécois de la gestion du territoire et dans la *Stratégie québécoise des aires protégées*.

### **CONCLUSION**

Les sites géologiques exceptionnels seront bientôt une réalité.

Au point de vue législatif, le MRNFP peut déjà agir de façon concrète pour créer des SGE en les soustrayant au jalonement. Ceci limiterait au départ les interventions sur ces sites. Le Ministère peut aussi agir en indiquant les sites géologiques exceptionnels situés dans les aires protégées. Les gestionnaires de ces aires devront ainsi en tenir compte dans leur plan d'aménagement et dans la mise en valeur de ces sites. Enfin, le Ministère peut soumettre certains sites géologiques exceptionnels pour qu'ils deviennent des aires protégées à part entière, dans la mesure où ils répondent aux critères d'admissibilité.

Une fois le processus de désignation des géosites en place, la stratégie des sites géologiques exceptionnels ne sera pas finalisée pour autant. Il reste des points qui n'ont pas encore été abordés et qui devront être étudiés par le groupe de travail à moyen terme. En voici quelques-uns :

- Dans quelle mesure le patrimoine géologique québécois est-il mis en valeur dans le réseau d'aires protégées actuels tels les parcs, les réserves de biodiversité et les réserves écologiques et, éventuellement, dans les écosystèmes forestiers exceptionnels?
- Comment des utilisations commerciales et scientifiques pourront-elles coexister sur certains SGE? Certains sites sont fréquemment visités par des collectionneurs amateurs ou par des commerçants de fossile et de minéraux rares. Ce sont souvent ces collectionneurs ou ces commerçants qui découvrent de nouvelles espèces fossiles ou de nouveaux minéraux. Mais il faudra aussi empêcher la dilapidation des sites et la disparition complète de certains spécimens de ces sites d'origine. Une réglementation plus

serrée de la commercialisation de ces spécimens sera peut-être nécessaire.

- Qu'en est-il des sites miniers encore actifs? Certains exploitations uniques au monde pourraient devenir des SGE. Il faudra voir comment cet aspect pourra être considéré dans le plan de restauration de ces sites qui font déjà partie du patrimoine parce qu'ils témoignent non seulement d'un phénomène géologique important, mais ils constituent des jalons importants de l'histoire économique d'une localité ou d'une région. Il faudra penser à étendre la notion de patrimoine géologique à celle du patrimoine minier.

- Que faire des collections?

Ce ne sont là que quelques-uns des problèmes qui devront être abordés dans une stratégie québécoise sur le patrimoine géologique qui se voudra active et dynamique.

## RÉFÉRENCES

BOUCHARD, M.A., 2002 - La notion de géosites et géoparcs et les sites géologiques exceptionnels (SGE). *Ordre des géologues du Québec*, 9 pages.

Ministère de l'Environnement, 1999 - Aires protégées au Québec, Contexte, constats et enjeux, 64 pages.

Ministère de l'Environnement, 2002 - Les aires protégées au Québec : une garantie pour l'avenir. Plan d'action stratégique, premiers résultats, 44 pages.

PRICHONNET, G., 2001 - La notion de géosite et de géoparcs et son application à la Stratégie québécoise sur les aires protégées. Association professionnelle des géologues et géophysiciens du Québec, 12 pages.

QUÉBEC, 2002. Loi sur la conservation du patrimoine naturel, L.R.Q., chapitre C-61.01, à jour au 1<sup>er</sup> juin 2003, Québec, Éditeur officiel du Québec.

QUÉBEC, 1996. Loi sur les forêts, L.R.Q., chapitre F-4.1, à jour au 1<sup>er</sup> juin 2003, Québec, Éditeur officiel du Québec.

QUÉBEC, 1987. Loi sur les mines : L.R.Q., Chapitre M-13.1, à jour au 1<sup>er</sup> juin 2003, Québec, Éditeur officiel du Québec.

UNESCO, 2000 - Rapport du directeur général sur l'étude de faisabilité sur la mise en place d'un programme géosites/géoparcs de l'UNESCO, Conseil exécutif, 160<sup>e</sup> session.

## GLOSSAIRE

**Abri sous-roche** : cavité peu profonde, évidée dans une paroi rocheuse de versant ou dans un escarpement rocheux.

**Allostratigraphique (unité)** : un corps stratigraphique de dimension cartographique de roches sédimentaires qui est défini et identifié sur les critères de limites de discontinuité.

**Aquifère** : couche ou massif solide, poreux, perméable, comportant une zone saturée, suffisamment conducteur d'eau souterraine pour permettre l'écoulement significatif d'une nappe souterraine et le captage de quantités d'eau

appréciables. Couche ou formation contenant une nappe, p. ex. un grès perméable qui fournit de l'eau lorsqu'il est traversé par un puits.

**Astéroïde** : corps gravitant autour du Soleil, et dont les dimensions n'excèdent pas quelques centaines de kilomètres.

**Astroblème** : dépression fermée, creusée dans la terre par la chute d'une météorite.

**Camp minier (centre minier)** : territoire où se trouve une concentration de mines en exploitation ou ayant cessé leurs opérations.

**Caverne** : cavité naturelle souterraine, d'assez grande taille, produite par la dissolution du carbonate de calcium formant la roche par les eaux météoritiques chargées de gaz carbonique.

**Chronostratigraphie** : la stratigraphie basée sur des unités de temps géologique représentées par un ensemble de strates formé durant une période de temps spécifique.

**Chronostratigraphique** : relatif à la stratigraphie qui traite de l'âge des roches et de leurs relations temporelles.

**Cratère météoritique** : cratère créé par l'impact d'une météorite.

**Cristallographie** : étude des formes, des structures, et des propriétés des cristaux.

**Fossile** : tout reste, trace ou empreinte de plante, d'animal ou de bactérie préservé dans la croûte terrestre dans le passé géologique ou la préhistoire; autrement dit, toute évidence de vie passée.

**Géologie** : science comprenant l'étude des parties de la Terre directement accessibles à l'observation, et l'élaboration des hypothèses qui permettent de reconstituer leur histoire et d'expliquer leur agencement. Étude des propriétés des roches et des fossiles, reconstitution de l'histoire de la Terre par l'observation directe.

**Géomorphologie** : étude descriptive et explicative des formes du relief. Étude des formes du terrain, du relief ou simplement le relief, le terrain, la topographie.

**Grotte** : cavité naturelle creusée dans la roc, plus ou moins profonde, produite par des processus géodynamiques.

**Lithologie** : nature des roches d'une formation géologique.

**Lithologique** : relatif à la nature des roches.

**Localité type** : l'endroit précis où est situé géographiquement un stratotype.

**Magnétopolaire** : se dit d'une unité géologique unifiée par sa polarité magnétique rémanente.

**Météorite** : corps solide naturel (fragment rocheux ou métallifère) provenant de l'espace, tombé sur le sol de la Terre, ou, par extension, sur le sol d'un autre astre. La taille d'une météorite peut aller de celle d'un grain de poussière à celle d'un bloc de plusieurs tonnes.

**Minéralogie** : science de l'étude des minéraux.

**Minéral** : substance naturelle (élément ou composé chimique) non organique se présentant le plus souvent sous forme de solide cristallin et ayant une composition, une forme cristalline et des propriétés physiques qui lui sont propres. Les formes amorphes de ces substances seraient nommées «minéraloïdes».

**Mine** : zone où l'on exploite des substances utiles, sous la forme de dépôts de minéraux (autres que des matériaux rocheux de surface), sous forme de gisement ou de filon, soit à ciel ouvert, soit par puits et galeries.

**Paléobiologie** : étude des êtres ayant vécu durant des ères géologiques anciennes..

**Paléobiodiversité** : variété caractérisant les peuplements d'espèces dans un milieu donné aujourd'hui disparu.

**Pédostratigraphique** : relatif à l'ordre dans lequel les couches de sols se sont formées à travers les temps géologiques.

**Pétrologie** : science qui étudie l'origine, l'histoire, la structure, la composition chimique, la classification et l'interprétation de la genèse des roches.

**Pétrographie** : branche de la géologie qui décrit et classe systématiquement les roches selon les caractères macroscopiques et microscopiques des roches (composition minéralogique, texture, couleur, etc.).

**Physiographie** : relatif à la partie de la géographie qui traite du relief et de certains phénomènes naturels tels que courants marins, variations atmosphériques, etc. Le terme «géomorphologie» sera utilisé de préférence.

**Physiographique** : relatif à la physiographie.

**Polaro-chronostratigraphique** : relatif à la stratigraphie qui traite de l'âge des roches et de leurs relations temporelles en utilisant leurs propriétés magnétiques.

**Région type** : réfère au territoire qui entoure la localité-type d'un stratotype.

**Roche** : matériau constitutif de l'écorce terrestre formé en général d'un agrégat d'un ou de plusieurs minéraux, lié par des forces de cohésion importantes et permanentes.

**Sédiment** : ensemble constitué par la réunion de particules plus ou moins grosses ou de matières précipitées ayant, séparément, subi un certain transport.

1. matériau solide déposé à partir d'un état de suspension dans un fluide; 2. plus généralement, un matériau fragmentaire solide transporté par le vent, l'eau ou la glace, précipité chimiquement à partir d'une solution ou sécrété par des organismes, et qui forme des couches sous une forme non consolidée. Les sédiments sont entraînés vers les lacs et la mer et déposés au fond de l'eau, souvent dans de grands bassins appelés bassins sédimentaires.

**Stratigraphie** : science qui étudie la succession des dépôts sédimentaires, généralement arrangés en couches (ou strates). L'étude de l'ordre dans lequel les couches de roches constituant la croûte terrestre se sont formées à travers les temps géologiques, en particulier les roches sédimentaires.

**Stratigraphique** : relatif à la stratigraphie.

**Stratotype** : représentant type d'une unité stratigraphique, identifié comme point ou intervalle spécifique dans une séquence de strates spécifiques, constituant un standard [norme] pour la définition et la reconnaissance de cette unité ou de cette limite stratigraphique. Syn. : coupe-type.

## ANNEXE 1

TYPES DE SITES	DÉFINITION	EXPLICATIONS	CRITÈRES DE SÉLECTION	EXEMPLES
Cavernes et grottes	Une grotte est une excavation naturelle, plus ou moins grande, produite par des processus géodynamiques tels le gel dégel. Une caverne est une cavité naturelle produite par la dissolution du carbonate de calcium formant la roche par les eaux météoriques chargées de gaz carbonique.	Au Québec, les grottes et cavernes sont peu fréquentes et peu développées. Elles sont en partie comblées de débris. Cependant, un site mérite une mention particulière : la caverne de Saint-Elzéar, en Gaspésie. Elle a été formée dans des calcaires d'âge Silurien. Elle possède une entrée verticale d'une hauteur de treize mètres qui a fonctionné comme un piège mortel pour les animaux qui y tombaient. Dans l'empilement de débris et d'ossements retrouvés sous le puits de l'entrée, des travaux d'excavation ont permis de récupérer près de 539 invertébrés et 4679 vertébrés.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- intérêt scientifique</li> <li>- intérêt géotouristique</li> <li>- intérêt comme refuges d'espèces de faune et de flore</li> </ul>	<p>Grotte de Saint-Léonard : dislocation de diaclases par le passage des glaciers</p> <p>Site de la caverne de Saint-Elzéar</p>
Sites fossilifères	Affleurement ou groupe d'affleurements de sédiments ou de roches sédimentaires contenant des fossiles qui, tout en présentant un excellent état de conservation, possèdent une valeur remarquable relativement à la stratigraphie (datation des couches), à la paléobiologie (systématique, taxinomie, assemblage, évolution), de l'esthétique, ou encore représentent un écosystème ancien particulier.		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Intérêt scientifique</li> <li>- rareté des espèces</li> <li>- vulnérabilité du site</li> <li>- intérêt didactique</li> <li>- paléobiodiversité</li> <li>- Intérêt économique</li> </ul>	<p>Le site fossilifère de Miguasha qui contient un assemblage de poissons fossiles parmi les plus anciens (Dévonien)</p> <p>Les calcaires siluriens très fossilifères de la région de Port-Daniel - Gascons (Baie des Chaleurs)</p>
Sites minéralogiques	Affleurement ou groupe d'affleurements contenant une ou plusieurs classes de minéraux qui présentent un intérêt exceptionnel relativement à leur composition, à leur importance cristallographique, pétrologique, esthétique ou historique.		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Intérêt scientifique</li> <li>- rareté des espèces</li> <li>- vulnérabilité du site</li> <li>- intérêt didactique</li> <li>- paléobiodiversité</li> </ul>	<p>Les cristaux de quartz du Cap Diamant</p> <p>Les cristaux d'hessonite de la Mine Jeffrey à Asbestos</p>
Sites lithologiques	Affleurement ou groupe types de roches qui présentent un intérêt exceptionnel relativement à leur composition, à leur importance stratigraphique, phénoménologique, pétrologique, structural, tectonique ou historique		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Intérêt scientifique</li> <li>- rareté des espèces</li> <li>- vulnérabilité du site</li> <li>- intérêt didactique</li> <li>- paléobiodiversité</li> </ul>	<p>Granite style « Pierre-de-Lune », île Gull, Réserve nationale de parcs de l'Archipel de Mingan</p> <p>Les boninites du Complexe ophiolitique de Thetford Mines (route du lac St-François)</p> <p>Les chromitites anti-nodulaires du gisement Hall près de Thetford Mines</p>

TABLEAU 1 (partie 1 de 3) - Définitions de dix types de géosites pouvant faire l'objet de géosites ou de géoparcs du patrimoine géologique québécois.

## ANNEXE 1

TYPES DE SITES	DÉFINITION	EXPLICATIONS	CRITÈRES DE SÉLECTION	EXEMPLES
Stratotypes ou coupes-types	Intervalle ou point spécifique dans une séquence donnée de roches ou de sédiments servant d'étalon pour une unité ou une limite stratigraphique dénommée et constituant la base à partir de laquelle l'unité ou la limite est définie.	S'applique aux unités ou limites les plus communes, litho, bio- et chrono-stratigraphiques, auxquelles on doit ajouter les unités et limites lithodémiques, magnétopolaires, pédo-stratigraphiques, allostratigraphiques et polaro-chronostratigraphiques. À distinguer de la localité type qui réfère au lieu géographique précis où se trouve le stratotype, et la région type qui réfère au territoire entourant cette localité.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Intérêt scientifique (représentatif)</li> <li>- vulnérabilité du site</li> <li>- unicité (coupe unique)</li> <li>- intérêt mondial (coupe représentant un standard international)</li> <li>- irremplaçable</li> <li>- jalon important dans l'histoire stratigraphique</li> <li>- intérêt didactique</li> </ul>	Stratotypes des formations du Groupe de Chaleurs (Gaspésie) Stratotypes des membres de la Formation de White Head (Gaspésie)
Sites miniers historiques	Site minier représentatif d'une région ou d'un camp minier et dont la valeur historique et patrimoniale est reconnue (p. ex. vestige d'une première exploitation, affleurement de découverte etc.) ou encore un site possédant une valeur éducative et scientifique pour la géologie minière (p. ex. un affleurement clé de la géologie minière d'une région).	Couvre l'ensemble des installations reliées à des activités minières.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Intérêt historique</li> <li>- Intérêt didactique et scientifique</li> <li>- Vulnérabilité</li> <li>- Intérêt géotouristique</li> </ul>	Village minier de Bourlamaque, Val-d'Or Mine Simard (mica) à Grande-Bergeronne dans la Réserve écologique des Escoumins Complexe des Forges du Saint-Maurice Première mine de plomb au Canada dans le Parc national de Forillon
Paysages géologiques ou géomorphologiques exceptionnels	Site ou portion du territoire qui représente un héritage particulièrement significatif de l'histoire géologique ou de l'évolution des paysages du pays, ou une association des deux. L'un comme l'autre peuvent être porteur d'une valeur esthétique ou même sentimentale. Dans le cas de territoires particuliers, des liens étroits avec le développement durable sont à considérer.	Site ou portion du territoire qui offre un intérêt particulier du point de vue de l'histoire de la Terre, de l'évolution du relief, d'une association étroite entre un géosystème et un écosystème, d'un lien direct entre une formation géologique de surface et une ressource renouvelable majeure (eau;...), d'une beauté particulière, d'un aménagement du territoire adapté et harmonieux, d'une signification historique dans le développement du pays, d'une combinaison de plusieurs des thèmes évoqués.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Intérêt historique</li> <li>- Intérêt didactique et scientifique</li> <li>- Vulnérabilité</li> <li>- Intérêt géotouristique</li> <li>- Esthétique</li> </ul>	La colline de brèche de l'île Bizard, Le mont Orford Les anorthosites de la Côte Nord Les collines du Bic Les moraine de Laverlochère et de Saint-Narcisse Le delta de l'Assomption Les tourbières de Lanoraie

TABLEAU 1 (partie 2 de 3) - Définitions de dix types de géosites pouvant faire l'objet de géosites ou de géoparcs du patrimoine géologique québécois.

## ANNEXE 1

TYPES DE SITES	DÉFINITION	EXPLICATIONS	CRITÈRES DE SÉLECTION	EXEMPLES
Géosystèmes	<p>Site montrant un ensemble de roches ou de sédiments qui par leurs caractères et leur association représentent un géosystème ou, le plus fréquemment, une partie distinctive d'un géosystème.</p> <p>La planète Terre constitue un système, c'est-à-dire une combinaison d'éléments réunis de manière à former un ensemble. Le grand système Terre supporte plusieurs systèmes géologiques ou "géosystèmes". La plupart des géosystèmes sont des systèmes ouverts, c'est-à-dire qu'ils peuvent s'échanger de l'énergie et des matériaux à leurs frontières. On parle donc de géosystèmes comme on pourrait parler de biosystèmes.</p>	<p>L'échelle d'un géosystème est variable. À titre d'exemple, la tectonique des plaques est un géosystème à grande échelle, impliquant des processus (flux de chaleur, convection mantellique, magmatisme, étalement des fonds océaniques, collision de plaques, etc.) et leurs manifestations concrètes (roches magmatiques variées, chaînes de montagnes, volcans, etc.). Le géosystème hydrologique est aussi un système à grande échelle.</p> <p>À plus petite échelle, il y a les géosystèmes éolien, glaciaire, océanique, etc., chacun impliquant des processus et des produits.</p> <p>Les produits d'un géosystème nous permettent de le reconnaître; dans certains cas, ces manifestations peuvent être remarquables.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Intérêts éducatif</li> <li>- Intérêt scientifique</li> <li>- intérêt géotouristique</li> <li>- Représentatifs des anciens systèmes géologiques.</li> </ul>	<p>Les ophiolites du mont Ham dans les Cantons de l'Est</p> <p>Les formations de fer (lits rouges) de la Fosse du Labrador</p> <p>Les laves basaltiques en coussins du Parc d'Aiguebelle en Abitibi, témoins de volcanisme sous-marin il y a 2,7 milliards d'années</p>
Environnements géologique support d'écosystème (incluant les formations géologiques et physiographiques refuges)	<p>Un site montrant un ensemble de roches ou de sédiments qui, par leur composition minérale ou géochimique particulière, favorisent un habitat spécifique: l'environnement devient alors le support d'une association originale d'espèces rares ou précieuses, vulnérables ou menacées de plantes, d'insectes et d'animaux.</p>	<p>La distribution des habitats, des plantes et des animaux dépend du climat, de la géologie et de la géomorphologie. L'influence de l'environnement géologique comme support à un écosystème peut être de nature chimique (composition du sol ou de la roche) ou physique (équilibre du géosystème, nature du sol, hydrologie).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Liens avec la biodiversité</li> <li>- Caractère exceptionnel ou remarquable de l'habitat (flore et faune) dans un biome.</li> <li>- Représentatif d'une association "géosystème-écosystème" originale</li> <li>- Intérêts scientifique global</li> <li>- Intérêt géotouristique.</li> </ul>	<p>Le Mont-Albert : refuge d'une flore du Grand-Nord due à son altitude mais aussi à la composition ultramafique de la roche</p> <p>Les tourbières de Lanoraie</p> <p>Galeries de la mine Van Reet, refuge de cinq espèces de chauves-souris, devenu réserve écologique</p> <p>Archipel de Mingan</p>
Impacts météoritiques	<p>Site ponctuel ou superficie comportant des éléments physiographiques et structuraux regroupant les phénomènes locaux ou régionaux résultant des événements qui se produisent lors d'un impact de météorites avec la Terre (cratère, impactites, cônes de destruction, brèches, éjecta, etc.).</p>	<p>Inclut les structures de l'écorce terrestre qui montrent la relation entre la Terre et l'espace.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- intérêt scientifique</li> <li>- intérêt géotouristique</li> <li>- intérêt culturel</li> <li>- représentatif</li> </ul>	<p>Impact de Manicouagan</p> <p>Le cratère du Nouveau-Québec (Pingaluit)</p> <p>Lac-à-l'Eau-Claire</p> <p>L'île Rouleau au lac Mistassini</p>

**TABLEAU 1 (partie 3 de 3) - Définitions de dix types de géosites pouvant faire l'objet de géosites ou de géoparcs du patrimoine géologique québécois.**

## EXPLICATION DU TABLEAU DES SITES GÉOLOGIQUES EXCEPTIONNELS

Le tableau 1 résume les différents types de sites géologiques exceptionnels. Il y a en tout dix types de sites qui se distinguent principalement par leur contenu, par leurs caractéristiques géologiques et par les phénomènes qu'ils regroupent. On trouve ici quelques explications supplémentaires pour chacun des types de sites proposés.

### Cavernes et Grottes

Une grotte est une excavation naturelle, plus ou moins grande, produite par des processus géodynamiques tels le gel dégel. Une caverne est une cavité naturelle produite par la dissolution du carbonate de calcium formant la roche par les eaux météoriques chargées de gaz carbonique. Les eaux de ruissellement peuvent s'infiltrer dans les interstices de la roche (plans de stratifications, joints, fissures, fractures), il en résulte un réseau à trois dimensions de passages, de conduits, de salles. Lorsque les salles s'agrandissent aux dépens du toit et des parois, il peut y avoir effondrement du toit avec formation d'un regard. Ce trou peut servir de piège dans lequel tombent les animaux. Le modèle résultant de cette action de dissolution, qui affecte les terrains calcaires, est appelé *modèle karstique*. Les cavités karstiques sont celles qui atteignent les développements les plus spectaculaires, de plusieurs ordres de grandeur supérieurs aux dimensions des diverses grottes et autres abris-sous-roche que l'on peut observer.

Au Québec, les grottes et cavernes sont peu fréquentes et peu développées. Elles sont en partie comblées de débris. Cependant, un site mérite une mention particulière : la caverne de Saint-Elzéar, en Gaspésie.. Elle a été formée dans des calcaires d'âge Silurien. Elle possède une entrée verticale d'une hauteur de treize mètres qui a fonctionné comme un piège mortel pour les animaux qui y tombaient. Dans l'empilement de débris et d'ossements retrouvés sous le puits de l'entrée, des travaux d'excavation ont permis de récupérer près de 539 invertébrés et 4679 vertébrés.

Un site comme celui de Saint-Elzéar est important parce que :

- Il permet d'expliquer l'évolution d'un écosystème, en l'occurrence celui des Appalaches depuis le Tertiaire.
- Il constitue un outil didactique sur un phénomène géologique, dans le cas présent le karst, somme toute rare au Québec.
- Il constitue une attraction touristique susceptible d'avoir un impact économique non négligeable dans une région périphérique du Québec, la Gaspésie.

Un tel site répond par conséquent aux principaux objectifs de la stratégie du patrimoine géologique québécois.

### Sites fossilifères

Un site fossilifère est un affleurement ou groupe d'affleurements de sédiments ou de roches sédimentaires contenant des fossiles qui, tout en présentant un excellent état de conservation, possèdent une valeur exceptionnelle relativement à la stratigraphie (datation des couches), à la paléobiologie (systématique, taxinomie, assemblage, évolution), de l'esthétique, ou encore représentent un écosystème ancien particulier.

À titre d'exemple, même s'il est déjà protégé, le site fossilifère de Miguasha qui contient un assemblage de poissons fossiles parmi les plus anciens (Dévonien), particulièrement bien conservés, présente une diversité élevée et comporte certaines espèces clés pour la compréhension de l'évolution des vertébrés.

Les calcaires siluriens très fossilifères de la région de Port-Daniel - Gascons (Baie des Chaleurs) qui constituent un court segment de la plus longue barrière connue (plus de 1000 km) des premiers écosystèmes récifaux et dont l'état de conservation et la biodiversité offrent une opportunité exceptionnelle d'études scientifiques ou de relais géotouristique. Seuls quelques affleurements clés de la région (géoparc?) demanderaient à être protégés.

### Sites minéralogiques et lithologiques

Site minéralogique : Affleurement ou groupe d'affleurements contenant une ou plusieurs classes de minéraux qui présentent un intérêt exceptionnel relativement à leur composition, à leur importance cristallographique, pétrologique, esthétique ou historique.

Exemples de site minéralogique :

Les cristaux de quartz du Cap Diamant, qui sont passés à l'histoire grâce à Jacques Cartier, montrent des formes cristallines bien développées, des traces d'hydrocarbures qui montrent une signature isotopique typique des nappes encaissantes frontales d'un système orogénique.

Les cristaux d'hessonite de la Mine Jeffrey à Asbestos sont un autre exemple de site potentiel. Plusieurs spécimens parmi les plus beaux se retrouvent au Smithsonian Museum de Washington ou au British Museum de Londres. Ils sont souvent illustrés dans des livres de minéralogie. L'hessonite est une variété de grossulaire de couleur cannelle à brune dont les faces losangiques bien développées en font un minéral très prisé des collectionneurs.

Site lithologique : Affleurement ou groupe d'affleurements contenant un ou plusieurs types de roches qui présentent un caractère exceptionnel relativement à leur composition ou à leur importance stratigraphique, phénoménologique, pétrologique, structural, tectonique ou esthétique.

Exemples de site lithologique :

Les boninites du Complexe ophiolitique de Thetford Mines (route du lac St-François). En plus de montrer en 3D les faciès et mécanismes de formation des laves coussinées dans des roches volcaniques, il s'agit du seul affleurement de qualité exceptionnelle de composition boninitique (laves d'avant-arc) au Canada. Cet affleurement est menacé par les exploitants de carrière pour les granulats. L'affleurement est très accessible et présente un attrait géotouristique certain. Ce site a fait l'objet de publications.

Les chromitites anti-nodulaires du gisement Hall près de Thetford Mines. Ayant déjà fait l'objet d'un sautage sauvage et d'une intervention environnementale (enfouissement partiel), cet affleurement (ou ce qui en reste !) est le seul exemple de ce faciès bien exposé au Québec. La chromitite est sertie dans des roches ultramafiques typiques de la croûte inférieure des arcs intraocéaniques. La chromitite est porteuse de minéralisation en éléments du groupe du platine causant sa vulnérabilité et le risque de destruction définitive. Ce site a fait l'objet de publications.

### Stratotypes ou coupes types

Un stratotype (ou coupe type) est un intervalle ou un point spécifique dans une séquence donnée de roches ou de sédiments servant d'étalon pour une unité ou une limite stratigraphique dénommée et constituant la base à partir de laquelle l'unité ou la limite sont définies. Cette définition s'applique aux unités ou limites les plus communes, litho-, bio- et chronostratigraphiques, auxquelles on doit ajouter les unités et limites lithodémiques, magnétopolaires, pédostratigraphiques, allostratigraphiques et polaro-chronostratigraphiques. Il faut le distinguer de la localité type qui réfère au lieu géographique précis où se trouve le stratotype, et de la région type qui réfère au territoire entourant cette localité.

La Formation de Mingan pourrait constituer un exemple de stratotype, celui du passage de l'Ordovicien au Silurien.

*Le lexique stratigraphique des Appalaches, Basses-Terres du Saint-Laurent et Îles de la Madeleine (Globensky et al., 1993, MERQ DV 91-23) répertorie 267 unités lithostratigraphiques, dont 164 formations (l'unité de base). Un stratotype a été désigné pour la majorité de ces unités. Les autres types d'unités (bio-, chrono-, etc....) ne sont pas répertoriés, pas plus que ne le sont les unités du Bouclier précambrien. On peut donc aisément évaluer qu'il faudra protéger au moins quelques centaines de sites si l'on souhaite inclure toutes les coupes types stratigraphiques dans la conservation du patrimoine scientifique du Québec.*

Pour être crédibles, il nous faut être réalistes. Les coupes types sont des référentiels d'unités; la seule raison valable qu'on puisse invoquer pour les protéger est leur utilité

scientifique, bien que marginalement on puisse invoquer des raisons de nature éducative. Pour une unité donnée, son référentiel est rarement irremplaçable; il existe la plupart du temps des coupes de référence qui se situent dans la région type ou même à l'extérieur de celle-ci. Au titre de l'utilité scientifique, la perte d'une coupe type n'est pas une catastrophe en général.

On ne peut honnêtement considérer que toutes les coupes types fassent partie du patrimoine scientifique québécois, que chacune constitue un site géologique exceptionnel. Cette thèse serait difficile à défendre. Il faut donc restreindre la protection des coupes types à celles qui:

- 1) sont uniques, irremplaçables ou tout au moins difficilement remplaçables dans le contexte actuel (une nouvelle coupe de route peut s'avérer être un meilleur référentiel); ceci peut être aisément le cas pour des coupes types d'unités bio- ou chronostratigraphiques;
- 2) représentent un standard international et qui font alors partie du patrimoine mondial;
- 3) représentent un jalon important de l'histoire de la stratigraphie et font partie, à ce titre, du patrimoine québécois ou mondial.

### Sites miniers historiques

Un site minier historique est un site représentatif d'une région ou d'un camp minier et dont la valeur historique et patrimoniale est reconnue. Cette définition couvre l'ensemble des éléments reliés à une ou plusieurs exploitations minières : village minier, ouvertures (puits, galeries), chevalement vestige d'une première exploitation, un affleurement de découverte, ou encore un site possédant une valeur éducative et scientifique pour la géologie minière (un affleurement clé de la géologie minière d'une région).

On peut citer comme exemple le village minier de Bourlamaque à Val-d'Or, le complexe des Forges du St-Maurice, la mine Simard (mica) à Grandes-Bergeronnes ou encore la première mine de plomb au Québec en Gaspésie.

### Paysages géologiques ou géomorphologiques exceptionnels

Un paysage géologique ou géomorphologique exceptionnel est un site ou une portion du territoire qui représente un **héritage particulièrement significatif** de l'histoire géologique ou de l'évolution des paysages du pays, ou une association des deux. L'un comme l'autre peut être porteur d'une valeur esthétique ou même sentimentale. Dans le cas de territoires particuliers, des liens étroits avec le développement durable sont à considérer.

Tout élément du paysage repose sur un contenu géologique et dépend d'une évolution du relief sous l'effet des

agents naturels, de la dérive des continents aux effets du climat. Les paysages naturels constituent généralement un héritage visuel, intégré à l'héritage culturel de chaque personne. Leur aspect visuel global est considéré comme un élément du patrimoine.

Plus spécifiquement, un paysage géologique ou géomorphologique exceptionnel doit offrir un **intérêt particulier** du point de vue :

- (1) de l'histoire de la Terre;
- (2) de l'évolution du relief;
- (3) d'une association étroite entre un géosystème et un écosystème;
- (4) d'un lien direct entre une formation géologique de surface et une ressource renouvelable majeure (eau...);
- (5) d'une beauté particulière;
- (6) d'un aménagement du territoire adapté et harmonieux;
- (7) d'une signification historique dans le développement du pays;
- (8) d'une combinaison de plusieurs des thèmes évoqués.

Exemples de paysages géologiques :

Le caractère remarquable du site ou de la portion du territoire repose généralement sur l'aspect unique de l'ensemble considéré : l'échelle spatiale est éminemment variable selon le cas. Les exemples suivants se rapportent aux définitions spécifiques, sans les préciser intégralement.

La colline de brèche de l'île Bizard, le mont Orford et les anorthosites de la Côte Nord constituent, à des échelles de dimensions croissantes et de temps de plus en plus reculé, des représentants d'événements spécifiques dans l'histoire géologique régionale, ou continentale et ou planétaire : la première doit être classée à cause de son caractère unique; le deuxième protégé et valorisé comme représentant d'un contexte événementiel particulier dans l'histoire des Appalaches; les troisièmes (surface à définir) valorisées et intégrées dans l'écosystème qu'elles supportent. (Application de (1), (2), (3))

Les collines du Bic représentent sans doute un cas remarquable de reliefs résiduels qui ont acquis une signification esthétique et patrimoniale spécifique au cours du temps, peut être d'autant plus forte et populaire que l'autoroute permet maintenant de les découvrir à distance. (Application de (2), (5) et (7)).

La moraine de Laverlochère, celle de Saint-Narcisse et tel ou tel esker des Basses Terres du Saint-Laurent (ou les témoins qui persistent encore), etc., s'inscrivent à la fois dans le registre des témoins de la dernière glaciation, dans l'histoire du développement économique régional et forment des aquifères exploités ou exploitables et au caractère renouvelable. (Application de (2), (5) et (7)).

Le delta de l'Assomption, entre Joliette et Saint-Félix-de-Valois, est le seul vestige majeur local de la bordure marine en retrait, lors de l'épisode de la Mer de Champlain, entre 11 et 10 000 ans BP (avant aujourd'hui). Ses capacités comme aquifère sont exceptionnelles, et la nature de ses dépôts le rend propice à une restauration de différents

types de forêts témoins. Les aménagements devraient, au minimum, en tenir compte. (Application de (1), (3), (4), (6)).

Les tourbières de Lanoraie sont associées à plusieurs thèmes définis plus haut : le paysage de bocage que les agriculteurs ont développé sur les massifs sableux les entourant, lors de l'expansion de la culture du tabac, peut être considéré comme un exemple d'aménagement historique (6) et (7); les marécages trop peu protégés sont des lieux de biodiversité (5) et des réservoirs (fragiles) de nappes d'eau superficielles (3). Leur valeur scientifique est également à préserver pour l'éducation.

Il existe aussi de nombreux exemples de sites exhibant dans le paysage des phénomènes issus de processus dynamiques particuliers récents (les glissements de terrain, les éboulements; les glaciers rocheux, les rives en érosion de rivières majestueuses...), anciens (reliefs de faille, chenaux de rivières, terrasses marines...) ou combinés (éboulis de versant).

## Géosystèmes

La planète Terre constitue un système, c'est-à-dire une combinaison d'éléments réunis de manière à former un ensemble. À la limite, on pourrait donc parler du Géosystème, unique en soi. D'un point de vue pratique cependant, on considère en Sciences de la Terre que le grand système Terre supporte plusieurs systèmes géologiques ou « géosystèmes » qu'on pourrait définir comme : un groupe d'éléments matériels interdépendants et interagissant avec échange d'énergie pour former un ensemble cohérent. La plupart des géosystèmes sont des systèmes ouverts, c'est-à-dire qu'ils peuvent s'échanger de l'énergie et des matériaux à leurs frontières. On parle donc de géosystèmes comme on pourrait parler de biosystèmes.

L'échelle d'un géosystème est variable. La tectonique des plaques est un géosystème à grande échelle, impliquant des processus (flux de chaleur, convection mantellique, magmatisme, étalement des fonds océaniques, collision de plaques, etc.) et leurs manifestations concrètes (roches magmatiques variées, chaînes de montagnes, volcans, etc.). Le géosystème hydrologique est aussi à grande échelle; c'est un cycle complexe à travers lequel l'eau se déplace de l'océan, à l'atmosphère, aux surfaces continentales, et revient à l'océan. Dans ce système, l'eau en déplacement (ruissellement, glaciers, vagues, courants, etc.) érode, transporte et dépose des matériaux. À plus petite échelle, on pourrait parler du géosystème éolien, du géosystème glaciaire, du géosystème fluvial, du géosystème de l'altération superficielle, du géosystème océanique, etc., chacun impliquant des processus et des produits.

Les produits d'un géosystème nous permettent de le reconnaître; dans certains cas, ces manifestations peuvent être remarquables.

Exemples de géosystèmes :

Les séquences ophiolitiques dans les chaînes de montagnes sont les vestiges d'anciens planchers océaniques, comme celles qu'on retrouve au Québec et à Terre-Neuve représentant le plancher de Iapétus. Les ophiolites du mont Ham dans les Cantons de l'Est en sont un bon exemple. La conservation du mont Ham est assurée par la Société de Conservation du mont Ham. De plus, le mont Ham soutient une végétation particulière de toundra.

Les formations de fer (lits rouges) de la Fosse du Labrador représentent la manifestation d'un géosystème ancien (début du Protérozoïque) : le passage d'une atmosphère terrestre réductrice à une atmosphère oxydante, soit une interaction atmosphère-lithosphère, sans compter la contribution de la biosphère (cyanobactéries photosynthétisantes).

### **Environnement géologique support d'écosystème (incluant les formations géologiques et physiographiques refuges)**

Un site d'environnement géologique support d'écosystème est un site montrant un ensemble de roches ou de sédiments qui, par leur composition minérale ou géochimique particulière, favorisent un habitat spécifique : l'environnement devient alors le support d'une association originale de plantes, d'insectes et d'animaux. La biodiversité qui en découle peut ainsi être associée à la répartition de formations géologiques et à la géomorphologie en découlant. L'habitat abritera éventuellement des espèces végétales et animales précieuses ou menacées : l'intérêt du point de vue de la conservation et de la science en sera alors renforcé.

La distribution des habitats, des plantes et des animaux dépend du climat (quantité d'eau, d'ensoleillement, du rythme des saisons), de la géologie (minéraux et roches) et de la géomorphologie (relief et évolution dynamique du paysage). L'importance de l'environnement géologique comme support à un écosystème peut provenir d'un « héritage géochimique » particulier du substrat rocheux ou d'un

équilibre spécifique du « géosystème actuel » (nature des sols et hydrologie, en particulier).

L'écosystème est donc fortement dépendant d'un élément chimique (roches riches en silice, magnésium,...), de la concentration de débris rocheux et de minéraux (amas sédimentaire de gravier et sable, triés par des eaux issues de la fonte glaciaire), sols organiques concentrés et saturés d'eau pendant la période végétative.

Exemples :

- Le Mont-Albert, en Gaspésie : refuge d'une flore du Grand Nord due à son altitude mais aussi à la composition ultramafique de la roche
- Les tourbières de Lanoraie.
- Galeries de la mine Van Reet, refuge de cinq espèces de chauves-souris, devenu réserve écologique.
- Archipel de Mingan.
- Impacts météoritiques.

Les sites « impacts météoritiques » incluent tout phénomène local ou régional résultant des événements qui se produisent lors d'un impact de météorites avec la Terre (cratère, impactites, cônes de destruction, brèches, éjecta, etc.). Le Cratère du Nouveau-Québec et les cônes de destruction à l'Île Rouleau (lac Mistassini) sont de beaux exemples.

Les impacts météoritiques ont joué un rôle important dans l'histoire de la Terre et sont responsables notamment de la disparition des dinosaures, il y a 65 millions d'années.

Lors d'un impact d'une météorite, tout est démesuré. En une fraction de seconde, des cuvettes pouvant atteindre plusieurs kilomètres de diamètre se mettent en place. Le métamorphisme de choc regroupe les événements qui se produisent lors de l'impact.

La vitesse, les températures et les pressions extrêmes lors de l'impact compriment et fondent les roches (vitrification, fusion partielle ou complète voire une vaporisation des roches terrestres) pour former un cratère circulaire. Par la suite, la croûte se décomprime et éjecte de façon radiale une énorme quantité de matières (éjecta). Il en résulte des phénomènes ou reliefs typiques de ces impacts.

## ANNEXE 2

ACTIONS	OBJECTIFS	PRODUITS	ÉCHÉANCIER	RESPONSABLE	BUDGET
<b>MISE EN PLACE DU PROCESSUS</b> • Formation d'un groupe de travail officiel	• Obtenir la participation de la communauté géologique et faire consensus sur le projet	• Groupe de travail de 9 personnes : MRN <sup>1</sup> (4), CPPGQ <sup>2</sup> (1), universités (1), OGQ <sup>3</sup> (1) et industrie (2) • Dépôt du plan de travail au sous-ministre	15 février 2002	P. Verpaelst	5 000 \$ frais de voyage
• Revue de la documentation sur les géosites	• Prendre connaissance des concepts analogues (UNESCO, France, Grande-Bretagne)	• Collecte des principales données sur les géosites dans le monde • Confection d'un document de référence	7 mars 2002 29 mars 2002	Groupe de travail	
• Ébauche du concept et définitions générales	• Définir la notion et les catégories de SGE • Élaborer des critères de référence	• Documentation d'orientation sur le cadre conceptuel	15 mai 2002	Géologie Québec	
• Consultation des partenaires sur le concept	• Valider la démarche auprès des organismes gouvernementaux, universitaires et miniers, des organisations scientifiques et culturelles	• Résultats sur la consultation • Rapport d'étape	15 juillet 2002 Septembre 2002	Groupe de travail P. Verpaelst	
<b>ÉTABLISSEMENT D'UNE LISTE PRÉLIMINAIRE DES SGE</b> • Élaboration d'une infrastructure de gestion	• Organiser l'information dans un système informatique qui permet la consultation et l'analyse	• Développement d'un module sur les SGE dans le SIGEOM • Guide d'intervention et fiche de présentation	15 octobre 2002	C. Roy Géologie Québec	30 000 \$
• Promotion du concept	• Diffuser l'information sur le concept et les actions prévues du MRN	• Conférence et affiche au Séminaire du MRN	Novembre 2002	P. Verpaelst	
• Collecte des propositions de SGE	• Recueillir les propositions de l'ensemble de la communauté géologique	• Création de la base de données	Automne 2002		
• Évaluation des propositions par un comité technique	• Évaluer les propositions recevables et proposer une liste des SGE prioritaires	• Liste préliminaire des SGE potentiels et carte de localisation • Soustraction au jalonnement des SGE prioritaires et consultation	Février 2003		
<b>ÉLABORATION DU CADRE D'INTERVENTION MINISTÉRIEL</b>	• Évaluer les implications réglementaires et administratives de la mise en place des SGE • Proposer un cadre d'intervention ministériel dans le cadre de la Stratégie québécoise sur les aires protégées	• Rapport et recommandations au sous-ministre	Septembre 2002 31 mars 2003	DDM A. Simard	

<sup>1</sup> Ministère des Ressources naturelles de la Faune et des Parcs

<sup>2</sup> Conférence permanente sur le Patrimoine géologique du Québec

<sup>3</sup> Ordre des géologues du Québec

TABLEAU 2 - Plan de travail 2002-2003.

---

### ANNEXE 3

## GROUPE DE TRAVAIL SUR LE PATRIMOINE GÉOLOGIQUE QUÉBÉCOIS LISTE DES PARTICIPANTS

Monsieur Gilbert Prichonnet de l'UQAM, pour l'Ordre des géologues du Québec

Monsieur Réjean Hébert, de l'Université Laval, pour la Conférence des directeurs de département de géologie des universités du Québec

Monsieur Ghislain Poirier, de SOQUEM, pour l'Association des prospecteurs

Monsieur Jean-François Doyon, Association Minière du Québec

Monsieur Pierre-André Bourque, pour la Conférence permanente sur le patrimoine géologique québécois

Monsieur Ghismond Martineau, Ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs

Monsieur Pierre Marcoux, Ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs

Monsieur Rémy Morin, Ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs

Monsieur Serge Perreault, Ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs

Monsieur Pierre Verpaelst, Ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs



# LE PATRIMOINE GÉOLOGIQUE EN FRANCE : UN PEU D'HISTOIRE ET SITUATION D'AUJOURD'HUI

**Max JONIN**

*Maître de Conférences – Institut de Géoarchitecture – Université de Bretagne Occidentale  
Président de la commission « patrimoine géologique » de Réserves Naturelles de France*

## QUAND ON PROTÈGE SANS LE SAVOIR...

Les premières préoccupations protectrices étaient très intéressées : il s'agissait de protéger les chasses royales et donc les forêts et les espèces gibier. La première approche patrimoniale d'intérêt général est sans doute celle des monuments historiques et mégalithiques en 1837. La protection des espaces naturels suivra en 1853 à l'initiative d'ingénieurs forestiers, d'artistes (école de Barbizon) et d'écrivains qui obtiennent de Napoléon III la création de réserves « artistiques », notamment celle de la forêt de Fontainebleau. La nature « hideuse et mourante » de Buffon, la nature capital inépuisable pour l'homme du 19<sup>e</sup> siècle est désormais regardée autrement, elle doit être protégée pour elle-même, la notion de monument naturel émerge. Dès lors que des espaces naturels sont protégés, des espaces géologiques y sont de fait protégés. Si la réserve artistique de la forêt de Fontainebleau est bien sûr créée sur une approche esthétique paysagère de l'espace, elle protège concrètement les rochers en grès de Fontainebleau...

Cette démarche se traduira en 1906 par une loi qui organise « la protection des sites et monuments naturels de caractère artistique ». Sans que cela soit spécifié, le patrimoine géologique y est préservé en tant que tel dans la mesure où il est interdit de détruire ou de modifier l'état des lieux ou leur aspect. Cette loi sera remplacée par la loi de 1930 – toujours en vigueur – qui permet de « classer » des monuments naturels ou des sites dont la conservation présente, du point de vue artistique, historique, scientifique, légendaire ou pittoresque, un intérêt général.

Ces deux lois permettront la protection de nombreux sites d'intérêt géologique même si c'est le plus souvent la valeur esthétique qui est retenue et non pas l'intérêt scientifique.

Plus récemment, la loi de 1960 crée les parcs nationaux. Dans leurs zones centrales de protection stricte, le patrimoine géologique est de fait protégé mais pas explicitement.

Seule la loi « littoral » de 1986, et surtout son décret d'application de 1989, évoquent sans ambiguïté le patrimoine géologique puisque doivent être désormais protégées « les formations géologiques telles que les gisements de minéraux ou de fossiles, les stratotypes, les grottes ou les accidents géologiques remarquables » dès lors qu'ils constituent « un site ou un paysage remarquable ou caractéristique du patrimoine naturel et culturel du littoral ». La

protection reste cependant limitée à l'espace par le code de l'urbanisme et ne concerne pas les objets géologiques eux-mêmes.

## VERS UNE PROTECTION CONSCIENTE...

### Une initiative mort-née

La première tentative de protection des sites géologiques est sans doute le projet de loi du 25 Octobre 1910 qui prévoyait d'imposer à toute personne de déclarer les fouilles archéologiques ou paléontologiques sur tous terrains afin d'en neutraliser le commerce et d'éviter la fuite à l'étranger des plus belles pièces. L'opposition fut vive au nom de la liberté des fouilles scientifiques et de la menace d'ingérences administratives dans les « œuvres vives de la géologie ». Le projet de loi a dû être retiré.

### La réserve naturelle géologique

Le texte fondateur sera donc la loi du 10 Juillet 1976, relative à la protection de la nature qui reste – à ce jour – l'outil juridique le mieux adapté à la protection des sites géologiques même si cette loi a été rédigée essentiellement par des naturalistes biologistes. La loi prévoit la création de réserves naturelles notamment « lorsque la conservation (...) des gisements de minéraux et de fossiles (...) présente une importance particulière ou qu'il convient de les soustraire à toute intervention artificielle susceptible de les dégrader ». On peut ainsi envisager « la préservation de (...) formations géologiques, géomorphologiques ou spéléologiques remarquables, (...) des sites présentant un intérêt particulier pour l'étude de l'évolution de la vie et des premières activités humaines ». Des réserves naturelles géologiques peuvent donc être créées par l'État.

La loi prévoit qu'elles doivent être gérées et que l'État leur attribuera un budget annuel. Depuis 1976, 12 réserves naturelles géologiques ont été créées.

La loi donne aussi aux propriétaires fonciers la possibilité de solliciter, pour leurs propriétés privées, un agrément « en réserve naturelle volontaire » pour y protéger « les espèces de la flore et de la faune sauvage présentant un intérêt scientifique et écologique ». De façon juridique-ment hasardeuse, le texte a été utilisé pour créer des

« réserves naturelles volontaires géologiques ». Il y en a 13 à ce jour.

### **Le patrimoine géologique : un nouveau concept**

Dans les années 1975-1980, le pillage de certains sites et le développement des bourses aux minéraux et aux fossiles accélèrent la prise de conscience de la réalité et de la valeur du patrimoine géologique. La première réserve naturelle créée sur la base d'un patrimoine géologique reconnu est celle de Montredon dans l'Hérault en 1980 (réserve naturelle volontaire). En 1981, le Ministère de l'Environnement (il a 10 ans) organise la première réunion nationale entre les partenaires possibles : les géologues (universitaires, chercheurs, privés), les amateurs, les vendeurs, les journalistes spécialisés, l'administration centrale. Cinq commissions (dites « commissions Bouchardeau » du nom du Ministre de l'époque) travailleront deux années : protection des grottes, commercialisation des fossiles et des minéraux, actions pédagogiques à promouvoir. Leur légitimité reposait sur la compétence reconnue et la représentativité de leurs membres. La note de synthèse commune de leurs travaux précisera que « le patrimoine géologique mérite, au même titre que la faune, la flore ou les vestiges archéologiques, de bénéficier d'une législation stricte, comme cela se pratique déjà dans de nombreux pays européens » et qu'une modification de la loi du 10 Juillet 1976 s'impose pour prendre en compte de façon spécifique, la protection des minéraux, des fossiles et des concrétions. De nombreuses propositions concrètes seront faites... ce travail restera sans véritable suite immédiate.

Dans le même temps, des projets de création de réserves naturelles géologiques sont en préparation : deux seront créées en 1982, deux en 1984, une en 1985, trois en 1987, puis une en 1989, 1991, 1994, 1998 et en 1986 se constitue au sein de l'association de « Réserves naturelles de France » (RNF), une commission du patrimoine géologique. Depuis, une quinzaine de personnes actives travaille régulièrement devenant le principal interlocuteur du Ministère de l'Environnement en matière de politique du patrimoine géologique.

### **Le premier symposium international sur la protection du patrimoine géologique**

Après des années de maturation en France et à l'étranger, le moment était venu d'une confrontation de toutes les idées autour de la notion de patrimoine géologique. Organisé à Digne par la réserve naturelle géologique de Haute Provence, du 11 au 15 Juin 1991, le symposium réunit 120 participants de 39 pays. De ces journées denses et riches est ressorti, notamment, un texte commun remplaçant le patrimoine géologique dans le rapport entre l'Homme et la Nature, sans termes scientifiques. Cette déclaration internationale des droits de la mémoire de la Terre fut adoptée à l'unanimité. Elle a été depuis traduite dans toutes les lan-

gues et adoptée par une centaine d'académies des sciences ou institutions nationales géologiques.

### **Le réseau des réserves naturelles géologiques**

Depuis 1976, 12 réserves naturelles ont été créées sur le fondement d'un patrimoine géologique remarquable :

- 7 abritent un stratotype,
- 6 sont d'intérêt paléontologique,
- 1 montre des roches métamorphiques exceptionnelles,
- 1 présente des concrétions remarquables,
- 1 accueille des blocs erratiques lointains déposés par les glaces flottantes.

Le statut de réserve naturelle volontaire a été accordé à 13 sites offrant

un patrimoine géologique :

- 10 sites paléontologiques,
- 1 site d'intérêt historique,
- 1 site minéralogique,
- 1 site éponyme sédimentologique.

Les intérêts paléontologique et stratigraphique apparaissent dominants au bilan. C'est très certainement parce que l'urgence d'une protection semblait nécessaire au regard de risques de dégradation (pillages, destruction, érosion...).

Si un patrimoine géologique reconnu a pu justifier la création de réserves naturelles, il était probable que des réserves naturelles biologiques puissent abriter un patrimoine géologique ignoré... La commission « patrimoine géologique » de RNF s'est donné comme objectif de l'inventorier et de le promouvoir auprès des gestionnaires du monde vivant. C'est ainsi que 27 réserves naturelles, créées sur la base d'un patrimoine biologique remarquable, offrent également un patrimoine géologique digne d'intérêt. Il en est de même pour quatre réserves naturelles volontaires.

En 2000, le réseau des réserves naturelles de France comporte 146 réserves naturelles et 144 réserves naturelles volontaires, soit 290 sites, dont 56 protègent un patrimoine géologique remarquable<sup>1</sup> (la définition s'étend à la géomorphologie).

### **VERS UNE VÉRITABLE POLITIQUE DE PROTECTION**

#### **La loi « Barnier » et ses apports**

Le travail des « commissions Bouchardeau » ayant résisté à l'enfouissement administratif et la force de persuasion du réseau des réserves naturelles géologiques agissant, les services du Ministère chargé de l'environnement élaborent des textes modificatifs de la loi en vigueur qui seront pris en compte dans la nouvelle loi du 2 Février 1995 relative au renforcement de la protection de l'environnement (dite « loi Barnier », du nom du Ministre). Sont désormais pris en compte : la protection des fossiles contenus dans les

<sup>1</sup> Avec toutes les réserves d'usage pour un inventaire réalisé sur la base d'un questionnaire traité par correspondance

sites paléontologiques et la protection de sites paléontologiques et de sites minéralogiques inscrits sur une liste nationale arrêtée par le Ministre.

Il reste à mettre en œuvre cette nouvelle loi...

### La conférence permanente du patrimoine géologique

Le temps a fait son travail de maturation, lente mais productive. La notion de patrimoine géologique est désormais bien reconnue et les acteurs de sa promotion se révèlent plus divers et plus nombreux. C'est ainsi que le projet de premières journées nationales du patrimoine géologique apparaîtra d'horizons insoupçonnés... Ces journées furent un succès. La stratégie globale élaborée en 1996 par le ministère et les réserves naturelles géologiques se trouve confrontée au souhait des congressistes de la création d'une structure de travail et d'une réflexion pluri-partenariale. La Direction de la nature et de l'environnement met en place en Juin 1998 la conférence permanente du patrimoine géologique (CPPG), structure informelle sans forme juridique. Son objectif est d'aider le ministère à définir une politique nationale de protection et de valorisation du patrimoine géologique. La CPPG est composée ainsi :

- la DNP (présidence et secrétariat),
- deux experts nommés par le Ministre,
- six réseaux représentés chacun par une personne et ayant chacun une mission précise à travers la commission thématique qu'il anime.

Le fonctionnement de la CPPG est envisagé en réseau interactif sur

un site internet que chaque réseau alimentera et animera.

### Où en sommes-nous aujourd'hui ?

- La cellule CPPG-BRGM\* achève la réalisation d'une base de données informatisée du patrimoine géologique qui sera testée, en relation avec RNF, dans une opération pilote sur la région Bretagne où un inventaire de sites d'intérêt géologique a été réalisé en 1994. De cette opération, il doit ressortir : un outil national au service de la connaissance, de la protection, de la gestion et de la valorisation du patrimoine géologique et une méthodologie d'*inventaire régional* permettant, in fine, d'établir la liste nationale prévue par la loi « Barnier ».

- La cellule CPPG-RNF termine la rédaction (Philippe Billet) d'un « *guide juridique du patrimoine géologique* », outil préalable indispensable à une politique nationale, a proposé un *projet de formation de différents publics* (professionnels, enseignants, chercheurs, personnels administratifs, personnels des espaces naturels, ...) à l'approche du patrimoine juridique, a publié un *inventaire des personnes et structures ressources* sur le territoire national, travaille enfin à un *inventaire des situations et des propositions en matière de protection des sites géologiques*.

- La cellule CPPG-SGF\* a mis en chantier des *fiches de sensibilisation tous publics*.

- Les cellules CPPG-MNHN\* et Musées ont précisé leurs politiques de *conservation dynamique des collections*.

- Le site INTERNET est réalisé (réserve naturelle géologique de Haute Provence) mais en attente de la décision du ministère pour son ouverture.

### VERS UNE GESTION INTÉGRÉE, RAISONNÉE, PARTAGÉE...

Un scénario possible pour l'avenir du patrimoine géologique en France à l'horizon proche de 2001 :

- La base de données informatisée est opérationnelle. Elle est renseignée par les données du patrimoine géologique de Bretagne;

- L'inventaire régional de Bretagne est réalisé et hiérarchisé permettant de proposer au ministère la liste des sites régionaux d'importance patrimoniale nationale et internationale;

- Le ministère lance officiellement les inventaires régionaux du patrimoine géologique. Au fur et à mesure de leur achèvement, la base de données nationale sera complétée de fait et les listes régionales de sites seront proposées au niveau national.

### A l'horizon 2002/2003

- Établissement de la liste nationale des sites paléontologiques et des sites minéralogiques. Publications du décret par le ministre.

- Création d'un nouvel outil juridique : l'arrêté préfectoral de protection de géotope (APPG) permettant aux préfets de protéger et de gérer à l'échelle départementale ces sites départementaux de la liste nationale.

Sur la base d'inventaires réalisés dans un contexte partenarial ouvert, le patrimoine géologique est reconnu et hiérarchisé aux niveaux départemental, régional et national. Pour chaque niveau, des réseaux d'espaces protégés existent permettant d'intégrer les décisions politiques de conservation (espaces naturels sensibles départementaux, conservatoire de l'espace littoral, sites classés, parcs naturels régionaux, réserves naturelles, conservatoires régionaux d'espaces naturels, ..). Une telle démarche n'a pas été recherchée ni voulue pour la conservation du patrimoine naturel vivant qui a longtemps joué sur le militantisme associatif ou les opportunités, envisager une politique et une stratégie pour le patrimoine géologique n'est peut-être qu'une rêverie mais c'est possible...

\* BRGM – Bureau de Recherche géologique et minière

\* SGF – Société géologique de France

\* MNHN – Musée national d'Histoire naturelle

**BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE**

- BILLET, P., 1997 - La protection juridique du patrimoine géologique en France : bilan (provisoire) d'un siècle de protection. La lettre des réserves naturelles, n° 44-45, p. 43-53.
- CABROL, P., 1997 - Brève histoire de la protection du patrimoine géologique en France. La lettre des réserves naturelles, n° 44-45, p. 38 à 42.
- JAFFEUX, H., 1999 - Chronique de la protection de la nature, des sites et des paysages. La lettre des réserves naturelles, n° 53, p. 5 à 17.
- JONIN, M., 1997 - Les réserves naturelles : un réseau de protection du patrimoine géologique. La lettre des réserves naturelles, n° 44-45, p. 5 à 9.
- JONIN, M., 1998 - Les espaces naturels réglementés et la géologie. Actes des journées nationales du patrimoine géologique, Paris, 18-19 novembre 1997. Museum national d'histoire naturelle, Paris, éditeur, p. 14 à 16.
- MARTINI, G., 1994 - Bilan général de la protection du patrimoine géologique en France. Actes du Premier Symposium International sur la Protection du Patrimoine Géologique. Mém. Soc. Géol. France, n.s., n° 165, p. 111-118.

## UNE ASSOCIATION FRANÇAISE POUR LA PROTECTION DU PATRIMOINE GÉOLOGIQUE

**Jacqueline Lorenz**

*Membre de l'Association des géologues du Bassin de Paris*

Le Comité français pour le Patrimoine géologique (CFPG) est une association née, en France, à la suite des Journées nationales du Patrimoine géologique qui se sont tenues au Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement les 17 et 18 novembre 1997.

Trois thèmes avaient été retenus pour ces journées : les sites, les objets et l'écrit.

### LES SITES

La prise de conscience de la nécessité de protéger le patrimoine géologique s'est portée, en premier lieu, sur la protection des sites naturels. Ce sujet, très porteur, a conduit à évoquer la protection de divers sites, tant subaériens que souterrains, et à mettre en place des lieux géologiques protégés soumis à des législations diverses. De plus les rapports entre les professionnels et les amateurs provoquent de larges débats.

### LES OBJETS

Puis vient le problème de la protection des objets et en particulier des collections. Celles-ci, très dispersées, se trouvent dans les muséums, les musées, les universités, chez des amateurs. Leur conservation et leur protection ne sont pas toujours assurées dans des conditions très fiables. Ainsi la collection paléontologique de la Sorbonne, collection prestigieuse connue de tous les paléontologistes. Cette collection s'est constituée dès le début du XIX<sup>e</sup> siècle : on y trouve des spécimens recueillis par A. Brongniart. C'est à E. Hébert que l'on doit la création du laboratoire de Géologie de la Sorbonne au milieu du XIX<sup>e</sup> siècle dans lequel s'accumulèrent très vite d'importantes collections paléontologiques grâce à Munier-Chalmas, E. Deslongchamps, Ch. Velain entre autres. Les sites ayant fourni ces faunes, parmi lesquelles de très nombreux types ont été définis, ont aujourd'hui disparu (photo 1).

Lors du déménagement du laboratoire de Géologie de la Sorbonne vers la nouvelle faculté de Jussieu, la collection fut hébergée dans des locaux mieux adaptés (photo 2), après un transport effectué dans des conditions parfois difficiles. La remise en place fut délicate et malheureusement des vols furent commis. Aujourd'hui, des chercheurs du monde entier viennent travailler sur cette collection, connue internationalement, à la recherche de types et de figurés. Malheureusement elle ne dispose plus d'aucun



**Photo 1** - Un exemple d'échantillons de mollusques, provenant de gisements aujourd'hui disparus. (collection de paléontologie de la Sorbonne, à la faculté des Sciences de Jussieu, à Paris).



**Photo 2** - Une vue des locaux de la collection de paléontologie de la Sorbonne, à la faculté des Sciences de Jussieu, à Paris.

personnel lui permettant d'assurer sa maintenance, son entretien et l'accueil des chercheurs qui souhaitent y travailler.

Or une menace pèse aujourd'hui sur cette collection : les travaux de désamiantage entrepris à la faculté de Jussieu vont bientôt atteindre ses locaux. Elle sera donc inaccessible pendant la durée des travaux, avec les risques que ceux-ci peuvent lui faire courir. Son transfert vers le Muséum national d'Histoire naturelle est prévu, mais les locaux d'accueil n'existent pas.

Qu'elle est l'attitude des responsables universitaires et autres vis-à-vis des collections paléontologiques et minéralogiques? Elles sont considérées, souvent, comme des réunions d'objets figés. Or une collection sert à la recherche, elle est vivante. Elle ne doit pas être envisagée comme une réserve d'objets de vitrine. Il faut séparer la notion de collection de recherche et celle de musée. L'impact est différent. Un musée présente de beaux objets, une collection de recherche est un ensemble d'objets, tous précieux aux yeux des spécialistes.

### L'ÉCRIT ET LA DIFFUSION DES CONNAISSANCES. L'ÉCRIT AUJOURD'HUI

Il se pose, aujourd'hui, le problème du rapport écrit-transmission du patrimoine qui se crée.

Du point de vue du patrimoine, les livres anciens, les correspondances, les notes manuscrites ont un double intérêt. Leur ancienneté leur confère une valeur que l'on peut rapprocher de celle des antiquités et il convient de se préoccuper de leur conservation. Leur intérêt peut également être d'ordre sentimental ou historique. On peut alors les considérer comme des objets, des *contenants*. Mais, pour les géologues, leur valeur, souvent fondamentale, voire inestimable, est liée à leur *contenu*. Ces documents nous livrent, en effet, des informations sur le patrimoine géologique lié aux observations faites à l'époque de leur rédaction. Qui, parmi les chercheurs s'intéressant au Jurasique, ne s'est plongé dans les publications de de Grossouvre pour y trouver des descriptions d'affleurements aujourd'hui disparus? Les bibliophiles, les amateurs d'ouvrages anciens, apprécient les ouvrages de Cossmann, séduits par la qualité de leurs illustrations. Ils sont également très recherchés par tous les paléontologistes qui travaillent sur les faunes d'invertébrés du Tertiaire et qui pourront ensuite examiner les types décrits par cet auteur et maintenant conservés au Muséum national d'Histoire Naturelle. Écrits et objets sont étroitement liés dans cette démarche. Autant que ces objets, ces écrits font partie du patrimoine géologique accumulé au cours de décennies d'observations.

Une coupe observable à l'occasion de travaux, une carrière en cours d'exploitation, un forage dont on a remonté des centaines de mètres de carottes font partie du patrimoine géologique. Ce patrimoine est-il exploité, valorisé, publié, archivé? Les archéologues, sont bien conscients

qu'un patrimoine archéologique peut être mis à jour et détruit au cours de travaux. C'est pourquoi, avant toute implantation de chantier important, une campagne de prospection et de fouilles de sauvetage est nécessairement entreprise, aux frais de promoteur des travaux. Un rapport détaillé ou une publication suit nécessairement cette campagne.

Toute information géologique qui se fait jour est un patrimoine en devenir. Nous avons le devoir et la responsabilité de l'enregistrer, le valoriser, afin que ceux qui viendront après nous se réfèrent à nos observations, à nos descriptions, sinon à nos interprétations.

L'écrit a été, jusqu'à ces dernières années, le moyen de communiquer, de sauvegarder ces observations, de mettre en mémoire le patrimoine qui se constituait. Il y a quelques décennies les revues publiaient ces observations, non seulement les revues régionales ou spécialisées, mais également les revues nationales. Or qu'en est-il de l'écrit aujourd'hui, en France? Le système d'évaluation des revues conduit à une situation limitant très largement la publication d'observations de terrain, celles-ci sont pourtant très nombreuses. En effet, les revues dites de rang A et A+, celles à qui l'on confère des qualités que l'on pourrait qualifier d'aristocratiques, refusent généralement de publier ces informations pourtant fondamentales, qualifiées péjorativement de locales; à moins qu'il ne s'agisse d'observations effectuées aux antipodes. Des théories, certes séduisantes, mais la plupart du temps vite caduques leur sont préférées. C'est sans doute pourquoi, la plupart du temps, les références bibliographiques ne mentionnent plus, ou très rarement, des références vieilles de plus de dix ans. C'est peut-être pour cette raison qu'un grand nettoyage a eu lieu, dans les laboratoires, conduisant à mettre à la poubelle les bibliothèques pour faire la place aux ordinateurs. La liquidation des bibliothèques a, dans certains cas, précédé de peu celle des échantillons et des collections.

Les observations se trouvent dans des diplômes d'études, dans des travaux de thèse. Mais souvent ces travaux restent confidentiels, non diffusés, non référencés, ils n'apparaissent pas dans les bibliographies et un danger les menace : reproduits par photocopies, leur pérennité n'est pas assurée.

Autrefois, les chercheurs avaient la possibilité de publier les comptes-rendus de leurs observations. Aujourd'hui, contraints de fournir un quota de publications annuel dans des revues de rang international, et de préférence en anglais, ils n'ont plus ni le loisir ni le temps de publier ces données dans des revues qui les accepteraient. De plus, s'ils le font, c'est bien souvent mal jugé, mal coté, par les instances d'évaluation. Les chercheurs ne jouent pas là leur avance-ment ou leur entrée à l'Académie, mais simplement leur survie à l'intérieur d'une structure. Conséquences fâcheuses pour les revues de rang modeste, plébéiennes, mais appréciées : elles ont vu le volume de publications offertes à leurs colonnes diminuer de façon inquiétante. Seuls les amateurs, qui sont très souvent les vecteurs de la transmis-

sion des observations et des découvertes et ont encore la chance de n'être pas soumis à ces diktats institutionnels, peuvent encore alimenter les publications avec les descriptions de leurs observations.

Bien sûr beaucoup de données actuelles, en particulier les sondages, sont archivées et entrées dans des banques de données. Mais cet archivage ne concerne pas les observations ponctuelles faites à l'occasion de travaux, sur des fronts de taille de carrière, ou sur des gisements fossilifères temporairement mis au jour.

Résultats et observations sont souvent présentés sous forme de posters, sortes de publications affichées qui permettent, certes, de les valoriser mais de manière hélas éphémère. Cette forme d'expression est appréciée car elle permet une illustration importante. Il est intéressant de noter que la majorité d'entre eux sont accompagnés d'un texte écrit de qualité ce qui permet de les apprécier à leur juste valeur.

Des revues de vulgarisation et des ouvrages grand public s'intéressent maintenant au patrimoine géologique. Les sites y sont évidemment privilégiés, mais les objets eux-mêmes y trouvent aujourd'hui une place non négligeable.

De nouvelles méthodes d'investigation sont apparues, elles apportent beaucoup à la connaissance de la planète, la géologie devient géophysique, géochimie, la stratigraphie devient magnéto-stratigraphie, chimio-stratigraphie, la pa-

léontologie s'intéresse à la biologie moléculaire. Mais le corps nourricier de ces données scientifiques reste la géologie, science d'observation sur le terrain. Pour cette raison il convient de revendiquer pour elle la défense de ses sites, la protection et la valorisation de ses objets, le bien-fondé de la diffusion de ses observations par des écrits dont la nécessité vitale doit être reconnue

Nous sommes responsables du patrimoine en gestation : sites, objets, observations de terrain. Des écrits doivent permettre de concrétiser leur existence. C'est aux écrits que nos successeurs pourront se référer comme nous le faisons en consultant les écrits de ceux qui nous ont précédés. Cela bien entendu ne doit pas conduire à minimiser le rôle des méthodes modernes d'archivage des données. Encore faut-il y consacrer le temps nécessaire, trouver les moyens d'effectuer cet archivage et le rendre accessible à tous. En outre, toute donnée appartenant à notre patrimoine n'est pas forcément passible de ce type d'archivage. L'écrit seul peut convenir à leur intégration et à leur pérennité dans les mémoires.

## BIBLIOGRAPHIE

- FROHLICH, LORENZ, J. et CORNEE, A. (éditeurs) 1998. Journées Nationales du Patrimoine Géologique. 18/19 novembre 1998. Coll. Patrimoines Naturels, volume 38, Service du Patrimoine Naturel/IEGB/MNHN, Paris, 72 p.



# PARTIE II

## LA GÉODIVERSITÉ ET LE PATRIMOINE GÉOLOGIQUE

LA GÉODIVERSITÉ ET LE PATRIMOINE GÉOLOGIQUE DU QUÉBEC <i>Roch Gaudreau</i> .....	39
LE ROCHER PERCÉ <i>Jacques Béland</i> .....	41
LES ROCHES, UN PATRIMOINE NATUREL À PRÉSERVER ET MIEUX CONNAÎTRE; L'EXEMPLE DE LA RÉSERVE FAUNIQUE DE PAPINEAU-LABELLE, OUTAOUAIS-LAURENTIDES <i>Louise Corriveau, Robert-André Daigneault et Pierrette Tremblay</i> .....	43
MISE EN VALEUR DU PATRIMOINE GÉOLOGIQUE ET MINIER DES APPALACHES <i>Serge Gaudard</i> .....	51
LE PATRIMOINE GÉOLOGIQUE DE L'ABITIBI, VESTIGE DE NOS PREMIERS VOLCANS <i>Michel Jébrak, Robert Marquis et Réal Daigneault</i> .....	57
LE PATRIMOINE GÉOLOGIQUE DE LA CÔTE-NORD : POUR QUI ET POURQUOI? <i>Serge Perreault</i> .....	63
MISE EN VALEUR DE QUELQUES SITES GÉOLOGIQUES DANS LA RÉGION MONTRÉLAISE <i>Gilbert Prichonnet</i> .....	71
LES CAVERNES : UN PATRIMOINE GRAVÉ PAR LE TEMPS <i>Jacques Schroeder</i> .....	77



# LA GÉODIVERSITÉ ET LE PATRIMOINE GÉOLOGIQUE DU QUÉBEC

**Roch Gaudreau**

*Ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs*

La notion de patrimoine géologique est encore faiblement développée au Québec par rapport à certains pays européens tels la France, l'Allemagne ou la Suisse. Pourtant, le territoire du Québec présente un riche patrimoine géologique qui ne demande que d'être mis en valeur.

La différence entre la géologie et les autres sciences telles la chimie, la physique ou la biologie est que la géologie, malgré les apparences, a une forte implication culturelle. Cette dimension est bien réelle. En effet, la géologie touche les questions fondamentales sur l'origine de la Terre, des êtres vivants et de l'homme. Cette question déborde largement les limites des débats scientifiques. Elle touche un aspect particulier de notre patrimoine. Il y a un fort intérêt à étudier cette longue connivence qui s'est installée entre l'histoire géologique et l'histoire des hommes.

Le patrimoine géologique est un lieu de mémoire et un instrument de culture extraordinaire. Il est donc indispensable d'en faire l'inventaire sur une base permanente, de le documenter, de faire sa mise en valeur et dans certains cas le protéger par réglementation au même titre que les autres biens culturels.

## LA RICHESSE DU PATRIMOINE GÉOLOGIQUE DU QUÉBEC

La richesse du patrimoine géologique du Québec peut s'exprimer de diverses façons dont les stratotypes, les géosites, les paysages géologiques remarquables et les sites miniers historiques. Il existe un certain nombre de publications au Québec pouvant être regroupées sous le concept de patrimoine géologique. Cependant, il n'y a pas encore d'inventaire systématique de sites géologiques, des paysages remarquables et des sites miniers historiques. C'est probablement ce dernier aspect, les sites miniers historiques, qui est le mieux documenté grâce aux activités de levés, aux études et inventaires réalisés par Géologie Québec.

Dans le domaine de la stratigraphie et de la paléontologie, on dénombre au Québec quelques centaines de stratotypes dont certains sont d'importance nationale, voire internationale. Plusieurs publications du Ministère des Ressources naturelles en font leurs descriptions, principalement pour les territoires géologiques des Basses Terres du Saint-

Laurent ainsi que pour celui des Appalaches. Une des meilleures références en la matière est le Lexique stratigraphique canadien (DV 91-23) publié par le Ministère des Ressources naturelles en 1993. Certaines études stratigraphiques pour l'Archéen sont également offertes, principalement pour la ceinture volcano-sédimentaire de la Sous-province géologique de l'Abitibi.

Les sites d'intérêt géologiques ainsi que les paysages géologiques remarquables sont nombreux au Québec. Malheureusement, leurs descriptions sont partielles et l'inventaire de ceux-ci est incomplet. Les publications du Ministère des ressources naturelles sont une excellente source d'information pour compiler et inventorier ces sites d'intérêts géologiques. Deux séries de publications traitent indirectement de ces sites d'intérêt. Il s'agit de la série GT (guide touristique) ainsi que des cartes géotouristiques. Les plus récentes publications sont les cartes géotouristiques de la Côte-Nord, des Basses Terres et des Appalaches.

La série de publications MM du Ministère des ressources naturelles renferme des données historiques intéressantes sur les anciens sites miniers principalement pour la région couvrant la sous-province géologique de l'Abitibi.

## LA PROTECTION DU PATRIMOINE GÉOLOGIQUE

Jusqu'à présent, peu de chose a été fait en ce qui concerne la préservation du patrimoine géologique. La protection des sites est un sujet très délicat. Comment protéger sans interdire? Comment valoriser un site auprès du public sans risquer de dénaturer par trop de visiteurs? Toutes ces questions sont des exemples parmi tant d'autres qui justifient cette démarche pour la création d'un comité permanent sur le patrimoine géologique. C'est un travail de longue haleine que nous sommes appelés aujourd'hui à amorcer. Ce secrétariat nous permettra de réunir les personnes-ressources qui pourront étudier ces problématiques puis proposer des solutions et recommandations aux organismes et ministères concernés.

Et on peut espérer qu'ainsi de plus en plus d'amateurs de géologie, minéralogie, paléontologie, etc., participent à la valorisation et la conservation de notre patrimoine géologique.



## LE ROCHER PERCÉ

Jacques Béland

*Professeur retraité de l'Université de Montréal*

### L'ORIGINE DU ROCHER

Parmi toutes les sculptures façonnées par l'érosion marine au pourtour de la péninsule gaspésienne depuis la dernière période glaciaire, le Rocher Percé est sans contredit le plus connu, le plus célèbre et le plus spectaculaire. Montré en gravures dès le 16<sup>e</sup> ou le 17<sup>e</sup> siècle, le rocher a fait jusqu'à nos jours l'admiration de tous les voyageurs qui ont eu l'occasion de l'observer. À ce titre, il appartient de droit au patrimoine géologique du Québec.

Le rocher est à vrai dire immense. Il est long de près de 500 mètres, large de quelques dizaines et haut de plusieurs dizaines de mètres. Cette haute paroi est percée à une extrémité d'un large orifice surmonté d'une arche. Au-delà de l'orifice se dresse une tourelle conique que d'aucuns ont baptisé l'Obélisque. (Photo 1)

De prime abord, ce long corps rocheux, baignant entièrement dans la mer, a un peu l'aspect d'un immense bloc erratique, déraciné, qui aurait été laissé par un glacier au cours de la période glaciaire qui a affecté cette région, comme la Gaspésie toute entière.

Cette interprétation toutefois fait fi du contexte géologique dans lequel se situe le Rocher Percé. La géologie nous apprend qu'il s'agit plutôt d'une forte épaisseur de couches de calcaire siliceux, redressées, tronquées, mais bien enracinées dans un pli serré ou un compartiment de faille basculé. Ces couches de calcaire appartiennent à la Formation de Cap Bon Ami d'âge dévonien, reconnue principalement dans la Péninsule de Forillon, mais aussi au voisinage du rocher. Les lits de calcaire réapparaissent aux deux extrémités du rocher : d'abord sur le rivage, où ils s'accolent à un fort relief qu'on a appelé la Muraille, sur laquelle se dresse comme une dent acérée le Pic de l'Aurore.



Photo 1 - Le Rocher Percé.

Au-delà de l'Obélisque, à l'autre extrémité mais toujours dans le prolongement du rocher, les mêmes lits de calcaire siliceux affleurent à l'île Bonaventure. À cet endroit, ils y sont cachés sous une carapace de couches subhorizontales de grès rouge interlité de conglomérats rosâtres. Cette superposition à l'île Bonaventure est un exemple classique d'une discordance dite angulaire et d'érosion, c'est-à-dire que des lits plats reposent en discordance sur des lits redressés tronqués par l'érosion, et les cailloux qui constituent le conglomérat sont dérivés des lits tronqués du calcaire siliceux sous-jacent. En outre, la coloration rouge ou rosée des grès et des conglomérats s'est répandue dans le calcaire sous-jacent normalement blanchâtre ou grisâtre.

Au Rocher Percé, une coloration rosée similaire affecte le calcaire, et on en a conclu qu'elle devait venir des couches de grès rouges qui auraient par la suite été érodées. Cette pigmentation rougeâtre contribue à la coloration que prend le rocher surtout à deux moments des jours ensoleillés. D'abord à l'aube, quand les rayons obliques du soleil touchent en premier lieu le Pic de l'Aurore (d'où son nom), puis un peu après quand le soleil éclaire le rocher en accentuant les teintes roses, ocres et pourpres. Plus tard, en fin de journée un peu avant le coucher du soleil, les rayons obliques répètent la même féerie de couleurs. Un aspect un peu plus théâtral du rocher se produit aussi lors d'arrivées fréquentes de bancs de brume poussés par les vents du large.

Ce décor fascinant s'accompagne tout au long du jour de la vie bruyante et agitée de nombreux oiseaux de mer qui utilisent le rocher comme aire de repos, d'où ils plongent pour capturer poissons et crustacés. De plus, à de rares occasions, la baie de Percé est sillonnée par des bancs de maquereaux sur lesquels s'abattent bruyamment les oiseaux heureux de profiter du quota de pêche que leur cèdent involontairement les pêcheurs gaspésiens.

### LA PRÉSERVATION DU ROCHER

Quelle pourrait être la durée de ce corps rocheux assailli par une érosion marine constante? Subira-t-il le sort de ces magnifiques tourelles qui, jadis, s'échelonnaient sur la rive nord de la Gaspésie au voisinage de Cap-Chat et de Sainte-Anne-des-Monts? Elles se sont écroulées les unes après les autres. A Saint-Joachim-de-Tourelle, la plus spectaculaire d'entre elles s'est effondrée en 1982.

On ignore cependant quand ces monuments ont commencé à se former. Ils sont signalés dans les premiers

travaux géologiques vers la demie du 19<sup>e</sup> siècle. Ils ont dû commencer à être façonnés bien avant, probablement au début du rehaussement de la côte gaspésienne après que celle-ci se soit dégagée du poids de glace qui l'avait enfoncée de quelques centaines de mètres lors de la période glaciaire.

On peut imaginer que le Rocher Percé actuel aurait évolué en une série d'arches, dont les plus tardives apparaîtraient près du rivage. Ces arches ont pu s'écrouler les unes après les autres, comme le suggère l'observation, de mémoire d'homme, de l'effondrement d'une arche du rocher ainsi que de la passerelle écroulée et disparue de l'Obélisque. L'orifice qui donne son nom au rocher est surmonté d'une voûte passablement fissurée, ce qui ne présage pas d'une durée prolongée. Toutefois, quant au rocher lui-même, il n'y a pas lieu d'être pessimiste car l'érosion naturelle est un phénomène excessivement lent et s'exerce ici sur un roc dur et résistant qui lui assure une quasi-pérennité.

Peut-il y avoir dégradation par méfaits de l'homme? Il faut dire que la faune fossile est assez restreinte et qu'aucun minéral de collection n'y a été signalé. Le rocher attire donc peu les chasseurs de fossiles ou de minéraux, comme

l'avait fait auparavant le site de Miguasha. D'autre part, le Rocher Percé a en quelque sorte son armée de défenseurs : les oiseaux de mer. Il n'est pas rare, il est même fréquent, que le mouvement des oiseaux déloge des fragments de pierre qui tombent au bas du rocher et menacent les personnes qui déambulent sur l'étroite plage qui longe ce dernier à marée basse. Bien que relativement inaccessible, car on ne peut y accéder que par un cordon littoral qui n'apparaît qu'à marée basse, cette plage présente néanmoins un certain danger pour les promeneurs, vu ces « chutes de pierre ». La forme élégante et le coloris du Rocher Percé sont d'ailleurs beaucoup plus agréables à observer avec une certaine perspective, donc à distance plutôt que de très près.

## RÉFÉRENCES

- MINISTÈRE DE L'ÉNERGIE ET DES RESSOURCES, 1985 - Tour Géologique de la Gaspésie; GT-1. Préparé par H.W. McGerrigle avant 1970, et complété par une équipe de géologues du Ministère après 1985.
- POOLE, W.H. - ROGERS, J., 1972 - Éléments géotectoniques appalachiens. Livret-Guide A63-C63; Congrès Géologique International, Montréal, 1972.

# LES ROCHES, UN PATRIMOINE NATUREL À PRÉSERVER ET MIEUX CONNAÎTRE; L'EXEMPLE DE LA RÉSERVE FAUNIQUE DE PAPINEAU-LABELLE, OUTAOUAIS-LAURENTIDES

Louise Corriveau<sup>1</sup>, Robert-André Daigneault<sup>2</sup> et Pierrette Tremblay<sup>3</sup>

1- Commission géologique du Canada

2- Centre d'interprétation de la géologie du Grenville

3- Géocontexte inc.

## RÉSUMÉ

Le développement du patrimoine géoscientifique de la Réserve faunique de Papineau-Labelle et des régions de l'Outaouais et des Laurentides met à la portée du grand public des outils qui l'éclaire sur les richesses et la fragilité de son milieu naturel ainsi que sur les enjeux que posent son développement durable. La réserve renferme des affleurements de roches spectaculaires et des coupes de dépôts meubles accessibles par des circuits routiers. Son histoire est expliquée dans un dépliant sous forme de rallyes géologiques illustrés et d'une brochure *Si la Terre m'était contée* (Tremblay *et al.*, 1996). Le tout est appuyé par le site WEB du même nom. Trente sites ont été choisis pour le public parmi plus d'un millier de sites répertoriés et décrits par des chercheurs/géologues. On y retrouve depuis peu, plusieurs lutrins explicatifs disposés sur des affleurements clés et facilement accessibles. Grâce à ces sites, aux cartes et aux divers textes explicatifs, le grand public peut observer roches et minéraux tout en s'initiant aux grands concepts géologiques et à quelques grands débats de société. Il découvre 1,4 milliard d'années d'histoire sous ses pieds.

Pour que les roches de la réserve deviennent patrimoine, il aura fallu d'abord identifier les affleurements les plus spectaculaires dans la région, puis les décrire et les expliquer en utilisant des connaissances géologiques à la fine pointe des sciences. Ces étapes furent faites à travers un projet de la Commission géologique du Canada qui a duré cinq ans. Par la suite, les sites choisis ont été vulgarisés tout en respectant l'exactitude scientifique grâce à un partenariat entre l'INRS-Géoresources, la Commission géologique du Canada et le ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche du Québec, avec une subvention du ministère de l'Enseignement supérieur et de la Science du Québec. Un organisme du milieu, le Centre d'interprétation de la géologie du Grenville basé à Chénéville, est maintenant en charge de la préservation et du développement de ce patrimoine. Son objectif vise à étendre ce type d'activité éducative à plusieurs autres sites géologiques de l'Outaouais.

## PRÉSERVER LE PATRIMOINE GÉOLOGIQUE : UNE QUESTION D'ÉDUCATION ET D'AVENIR

Tremblements de terre, glissements de terrain, explosions volcaniques, eau contaminée, voilà des événements qui nous rappellent que la Terre est une planète dynamique, en évolution constante, puissante et fragile. Découvrir ses 4,5 milliards d'années d'histoire, comprendre ses mécanismes de formation et intégrer la notion de temps géologique à nos concepts culturels sont autant de moyens d'aider l'être humain à se situer dans son environnement global et à mieux saisir certaines problématiques environnementales actuelles, notamment celle du réchauffement climatique global. La géologie constitue aussi une excellente porte d'entrée sur les sciences en général. Ici, un enfant ramasse un cailloux et l'ajoute à sa collection, là il se fascine pour les dinosaures et s'amuse à apprendre leurs noms compliqués. Un film ou un livre sur les volcans ou les tremblements de terre suscite également son intérêt. Un jour, il sera confronté quasi quotidiennement aux grandes questions environnementales : le développement durable, le réchauffement de la planète, la qualité de l'environnement, etc. Des citoyens informés sont mieux préparés à comprendre les différents enjeux sur la gestion de notre environnement et de nos ressources. Environnement et exploitation des ressources minérales forment un tout pour notre qualité de vie. Le patrimoine naturel permet d'éduquer, aujourd'hui, ceux qui prendront les décisions demain... et qui vivront demain avec les décisions que nous prenons aujourd'hui.

Ce qu'offre la géologie de la réserve, c'est d'abord le plaisir de découvrir le monde minéral qui l'entoure et de l'observer pour mieux comprendre son milieu naturel. Voir une faille où la roche a bougé de chaque bord lors d'un tremblement de terre, c'est presque sentir le sol vibrer sous ses pieds (site 4). Trouver des vestiges de roches volcaniques de 1,4 milliard d'années, c'est imaginer le magma qui traverse la Terre pour former un volcan (région du site 24). Trouver une veine et un filon, c'est aussi voir un magma figé en profondeur (site 23). Découvrir des indices minéralisés,

du graphite, du cuivre, c'est devenir prospecteur d'un jour. Il y en a un indice de graphite au site 21 et plusieurs de cuivre à l'est et au sud du site 22. Les découvrir dans une réserve faunique, c'est se demander s'ils doivent être explorés. Et s'il y avait une découverte majeure, devons-nous l'exploiter, aujourd'hui, demain, jamais? Quelles seront les conséquences de nos décisions?

## LA RÉSERVE FAUNIQUE DE PAPINEAU-LABELLE

### Localisation

La réserve faunique de Papineau-Labelle s'étend sur 1667 km<sup>2</sup> et est localisée à environ 200 km au nord-ouest de Montréal, Québec (figure 1). Elle est comprise dans les Laurentides méridionales et ses montagnes arrondies s'élèvent à une altitude moyenne de 475 m. Sa situation géographique au cœur des régions touristiques des Laurentides et de l'Outaouais permet un accès facile à partir de grands centres urbains, Montréal, Ottawa, Hull et Mont-Laurier (55 000 personnes-jours en 1991). Elle est sillonnée d'un bon système de routes gravelées numérotées et l'on y accède par une quinzaine de points d'entrée. Le couvert forestier consiste surtout en une forêt mixte typique, particulièrement propice aux populations de Cerfs de Virginie et d'originaux. La plupart des animaux à fourrure du sud du Québec y sont observés et plus de 160 espèces d'oiseaux y ont été répertoriés. Plusieurs activités d'observation et de cartographie de la faune ont été mises en place par le personnel de la réserve pour tirer parti de cette richesse faunique.

### Cadre géologique

La réserve faunique est comprise dans une entité géologique appelée la Province de Grenville. Celle-ci, en bordure sud-est du Bouclier canadien, consiste en roches métamorphiques et ignées, vieilles de plus d'un milliard d'années qui ont été enfouies sous 25 km de roches et



FIGURE 1 - Localisation de la réserve faunique de Papineau-Labelle.

cuites à hautes températures (figure 2). Ces roches représentent les racines profondes d'une immense chaîne de montagnes, jadis comparable à l'Himalaya, aujourd'hui rasée par l'érosion et recouverte de roches plus jeunes. Des sédiments meubles associés à la dernière glaciation, qui s'est produite durant les derniers 100 000 ans, recouvrent les roches de la réserve faunique. L'étude des roches et des sédiments meubles permet aux géologues de fouiller le passé de la Terre : la tectonique des plaques, les collisions d'anciens continents et arcs volcaniques, les glaciations et les tremblements de terre. En effet, le secteur est de la réserve se situe dans un des corridors les plus actifs dans l'est de l'Amérique du Nord.

Baucoup de ces affleurements parlent presque d'eux-mêmes. Des fragments de la croûte terrestre emportés par du magma qui montait à haute vitesse il y a environ 1 milliard d'années (site 23, figure 2); d'autres magmas qui ont cristallisé sous forme de dykes (site 13); du magma qui a digéré partiellement les roches environnantes (site 6); des sédiments enfouis si profondément qu'ils ont commencé à fondre il y a 1,2 milliard d'années (site 21); des roches plissées comme de la pâte dentifrice (sites 4, 14 et 27); des failles où l'on imagine encore voir le sol trembler (site 4); des glaciers qui ont poli et strié les roches (site 11) et des sables laissés par une mer postglaciaire, la Mer de Champlain dans un passé beaucoup plus récent, soit il y a environ 11 000 ans (site 15).

## QUE TROUVEREZ-VOUS SUR LES SITES GÉOLOGIQUES DE LA RÉSERVE

Dans la réserve faunique de Papineau-Labelle, trente sites ont été choisis pour faire découvrir au visiteur tout un monde sous ses pieds (figure 2). On y discute des différents types de roches et sédiments, de leur mise en place et des événements qui ont façonné le paysage actuel. Les visiteurs de la réserve se familiarisent donc avec les roches et minéraux tout en s'initiant aux grands concepts géologiques. Les sites choisis sont regroupés en cinq rallyes géologiques et font l'objet d'un document pédagogique intitulé Géologie de la réserve faunique de Papineau-Labelle : Rallyes géologiques. Ces rallyes s'effectuent en automobile.

Certains sites particulièrement spectaculaires (sites 4, 5 et 6) sont présentés et décrits à l'aide de textes explicatifs montés sur des lutrins permanents. Ce travail est l'œuvre du Centre d'interprétation de la géologie du Grenville (CIGG), un organisme régional, sans but lucratif, qui a pour objectif de mettre sur pied des équipements récréotouristiques qui favorisent la connaissance de l'histoire géologique du Québec et sa relation avec l'environnement. Au site 4, le CIGG présente une trentaine de points d'observation sur différents thèmes de la géologie mais aussi de la foresterie. À l'aide de panneaux explicatifs, le visiteur est amené, par une démarche pédagogique axée sur l'observation et le questionnement, à découvrir et comprendre





FIGURE 3 - Quelques aménagements au site 4.



FIGURE 4 - Un exemple de dyke mafique plissé (bande noire au centre de l’affleurement) au site 4.

le milieu naturel qui l’entoure. Aux lecteurs et lectrices de jouer aux géologues, aux enseignants d’y trouver une mine d’informations.

Enfin, pour ceux qui veulent en savoir un peu plus, une brochure de vulgarisation scientifique *Si la Terre m’était contée...* (Tremblay et al., 1996) traite, à partir d’exemples tirées de la réserve, d’une trentaine de thèmes en rapport avec les sciences de la Terre. Ce document est disponible sur le site WEB du même nom.

### Quelques exemples des phénomènes que vous pourrez observer

#### SITE 4

Ce site est d’un grand intérêt scientifique et pédagogique car il résume à lui seul une grande partie de l’évolution géologique de la région. Il est aussi visuellement spectaculaire et a été récemment aménagé par le Centre d’interprétation de la géologie du Grenville (figure 3). On y observe maintenant une vingtaine de panneaux explicatifs sur la composition minéralogique, les déformations et la séquence de mise en place des roches, sur les formes d’érosion glaciaires ainsi que sur l’origine des blocs erratiques pré-

sents. Le site peut accueillir un grand nombre de visiteurs et un stationnement pour les autobus y a été aménagé. Un labyrinthe tout à côté attend les grands comme les petits pour partir à la recherche des blocs erratiques.

On y observe une grande zone d’affleurements de quartzite gris, contenant des couches de gneiss rouillés et plissés. Ces couches et ces plis sont recoupés par toute une série de dykes, d’abord des dykes gris foncé d’orientation nord-est – sud-ouest et par des veines et des dykes de granite et de pegmatite granitique d’orientation nord – sud (figure 4). Toutes ces unités sont également recoupées par un dyke granitique blanc en partie rectiligne nord-nord-ouest – sud-sud-est. Plusieurs de ces dykes sont eux aussi plissés localement.

Le quartzite est une roche métamorphique formée essentiellement de quartz, un minéral d’aspect vitreux et très dur qui ne se raye pas au couteau. Le quartzite est à l’origine des sables, comme ceux qui forment nos plages actuelles. Puis au fil des années, alors qu’il s’accumule d’autres sédiments par-dessus lui, il se transforme en une roche sédimentaire, un grès riche en quartz. C’est aujourd’hui une roche métamorphique car il a été enfoui sous d’autres grands pans de roches à plus de 25 km de profondeur et soumis à des pressions et à des températures énormes (800 degrés Celsius) lors des grands bouleversements géologiques qui ont affecté la région il y a 1,2 milliard d’années. En effet, à cette époque naissait une grande chaîne de montagnes le long de la côte est du continent nord-américain, bien avant la formation des Appalaches. Il y a un milliard d’années, cette chaîne de montagnes était probablement aussi longue et haute que les Himalayas, puis elle a été érodée. Ses vestiges constituent les Laurentides actuelles. Pour les géologues, c’est la Province de Grenville.

On note que le quartzite est intercalé avec des couches d’une roche brun-rouille caractérisée par une bonne orientation de ses minéraux noirs, c’est un gneiss. Le gneiss est folié et plissé, tandis que le quartzite est comme cassé (boudiné) et plissé. Cette différence s’explique par leur comportement distinct lors de la déformation. Le quartzite casse en plus de plisser car il est plus compétent (dur) que le gneiss. La texture métamorphique de ces roches et les plis des couches illustrent le métamorphisme régional.

Les filons gris-noir (dykes) sont constitués d’une roche ignée appelée diorite. Puisque ses grains sont très fins, on l’appelle une microdiorite. Ces dykes recoupent les gneiss et leurs plis et sont donc plus jeunes. Localement, ils sont eux-mêmes plissés.

Enfin, ces dykes sont recoupés par des dykes de pegmatite et de granite blanc où l’on observe un enchevêtrement de cristaux, qui rappelle les cristaux de glace (la roche ignée) qui commencent à se former sur une flaque d’eau (le magma). En regardant les pegmatites et les granites, on peut voir que certains magmas cristallisent en gros grains (la pegmatite), d’autres en plus petits grains (les veines de granite nord-sud) et enfin d’autres en grains fins (la veine de granite blanc la plus jeune). Par analogie avec des

roches qui ont été datées dans la région, il est possible de dire que tout de suite après la mise en place des dykes de microdiorite, les dykes de pegmatite et de granite se sont injectés et ont été plissés. Ce qui veut dire que le quartzite a été déformé deux fois et les dykes une seule fois parce qu'ils sont plus jeunes que la première déformation. Ce genre d'observation est de très grande importance pour comprendre l'évolution géologique d'une région. On peut obtenir une grande quantité d'information scientifique sur ce site en consultant les guides d'excursions énumérés plus bas.

#### SITE 5

On présente ici, un affleurement de roche ignée poli par le passage du dernier glacier d'envergure continentale. Ce site a également été dégagé et aménagé par le CIGG. Il peut accueillir un grand nombre de visiteurs puisqu'il s'étend sur une centaine de mètres.

Cette roche ignée de couleur beige est une monzonite. Elle est constituée entre autres de cristaux de feldspaths (potassique) qui peuvent atteindre 3 cm de longueur. Ces feldspaths sont orientés dans une même direction qui est interprétée comme celle de l'écoulement du magma lors de sa mise en place. Cette monzonite a été datée très précisément à 1165 millions d'années à partir des petits grains de zircon qu'elle renferme et que l'on peut voir seulement au microscope. Sur l'affleurement il est possible d'observer les gros cristaux de feldspath potassique, et les grains moyens de biotite, de feldspath potassique, de hornblende, d'oxydes Fe-Ti, de plagioclase (un feldspath blanc riche en sodium et en calcium) et de quartz.

Sur cet affleurement, ce que vous voyez c'est du magma qui s'est mis en place le long d'une zone de faille active à très grande profondeur. Cette zone de faille vieille de plus de 1 milliard d'années est encore aujourd'hui une zone active du point de vue sismique. Les magmas qui forment les roches ignées sont générés à de grandes profondeurs dans la croûte terrestre et dans le manteau. Certains montent jusqu'à la surface et se solidifient très rapidement pour former des roches volcaniques. D'autres magmas figent à de très grandes profondeurs sans jamais atteindre la surface, ils forment alors des plutons. À cet arrêt et au suivant, des roches ignées forment de grands feuillets plutoniques intercalés dans des roches métamorphiques fortement déformées. Les magmas qui ont formé ces roches se sont fauillés et ont été piégés dans des failles à plus de 20 km sous la surface, d'où la forme de feuillets. Les roches avoisinantes ont été arrachées par endroits par le magma.

En allant vers l'est, la monzonite devient plus hétérogène et est recoupée par des veines de granite. On observe sur une largeur d'environ deux mètres une concentration importante de fragments verdâtres angulaires. Ils sont composés presque uniquement d'une roche riche en pyroxène vert. On interprète ces roches comme des fragments des

gneiss encaissants qui ont subsisté dans le magma après sa mise en place.

#### SITE 11

On peut observer à ce site, une roche métamorphique appelée *amphibolite* dont la surface est lisse et couverte de fines rainures parallèles. Ces rainures sont des stries glaciaires. Elles résultent du déplacement du dernier inlandsis (calotte glaciaire d'envergure continentale) lors de la dernière période glaciaire, soit il y a moins de 100 000 ans.

C'est son propre poids qui permet à un glacier de s'écouler. Il provoque des déformations à l'intérieur de la glace et est responsable, en général, de la présence d'un film d'eau à sa base. Cette eau agit comme un lubrifiant. Elle réduit la friction entre le glacier et l'assise rocheuse et permet le glissement. En été, la neige et la glace fondent. Si cette eau de fonte parvient jusqu'à la base du glacier, elle favorisera un déplacement plus rapide du glacier.

Quand le glacier se déplace, il arrache des morceaux de la roche en place. Ceux-ci agissent comme un papier-émeri (papier à sabler) sur le bois. Les fines rainures parallèles sur cette surface rocheuse témoignent du frottement entre les roches contenues dans la glace et le substrat rocheux.

On note également qu'un côté de l'affleurement est en pente douce et l'autre beaucoup plus abrupt. Cette caractéristique nous renseigne sur le sens du passage du glacier : il s'écoule de la pente douce vers la pente abrupte, là où un morceau d'affleurement a été arraché sous la pression de la glace. À ce site, on peut donc déduire, par l'observation des formes d'érosion glaciaire, que le dernier inlandsis s'écoulait vers le sud.

#### SITE 12

Le visiteur pourra observer ici une coupe de sédiments meubles constituée d'une argile sableuse qui s'est probablement déposée dans la Mer de Champlain, il y a environ 11 000 ans. Cette mer post-glaciaire s'est formée à la déglaciation, par l'invasion des eaux marines dans les zones déprimées par le glacier, le long de la vallée du Saint-Laurent, de la vallée de l'Outaouais et du lac Champlain. Cette mer a recouvert une superficie d'environ 55 000 km<sup>2</sup>.

La datation des coquillages fossiles, par la méthode du carbone 14, permet de dire que la Mer de Champlain a existé durant 3 000 ans, soit de 12 500 à 9 500 ans avant aujourd'hui. Elle n'a cependant atteint les vallées du lac Gagnon et du lac Preston qu'il y a environ 11 000 ans. Ces régions constituaient alors l'extrémité nord de longues baies étroites ouvertes sur la vallée du Saint-Laurent.

La température moyenne des eaux de la Mer de Champlain s'apparentait à celle de la baie James, soit entre -1 et 8°C. C'était donc une mer froide où vivaient des mammifères marins tels que le béluga, la baleine boréale, le morse et différents types de phoques. Rien à voir avec la mer des Caraïbes!

Voici comment l’océan Atlantique atteint la réserve faunique de Papineau-Labelle.

Lors des glaciations, le poids des glaces était tel qu’il a causé l’enfoncement de la croûte terrestre. Lorsque le glacier a fondu, les terres tout juste libérées des glaces sont demeurées enfoncées un certain temps. Les eaux de l’océan Atlantique, gonflées par la fonte des glaciers, ont envahi les basses terres du Saint-Laurent. Ces eaux se sont retirées au fur et à mesure que la croûte terrestre remontait à sa position initiale. Aujourd’hui, on observe des indices de cette invasion marine jusqu’à environ 230 m d’altitude.

### SITE 23

Cet affleurement est le plus spectaculaire de la réserve. Il représente ce que nous appelons le dyke de Rivard (figure 5). Plusieurs l’appelle le trottoir car il ressemble à du macadam avec tous ses fragments.

Un dyke se forme quand du magma s’infiltré dans une fissure et refroidit. Le dyke de Rivard recoupe donc les structures du gneiss qui le contient et il a une forme tabulaire. Il est généralement rectiligne, orienté nord-sud et fortement incliné vers l’ouest. Il mesure plus de 200 m de long et a une largeur de moins de 1,7 m. Les fragments abondent dans ce dyke. Au taux de 5 à 50 par mètre carré, ils forment environ 50 % du volume de la roche. C’est pourquoi le nom scientifique de cette roche est la brèche intrusive de Rivard.

Qu’est-ce qui rend cette brèche spéciale et qui fait qu’elle devrait être préservée à tout prix? Elle est une des brèches les plus spectaculaires au monde et renferme une quantité et une variété très grande de fragments de la croûte terrestre et des roches ignées qui se trouvent à sa base. Les scientifiques peuvent y trouver toutes ces roches : webstérite, clinopyroxénite, granulite mafique, gabbro, metabasite, roche calco-silicatée, granite, gneiss et quartzite, avec des quantités mineures de dunite, wehrlite, orthopyroxénite, biotite et sulfures massifs.

C’est un affleurement d’une qualité exceptionnelle et grâce à sa découverte, les chercheurs peuvent étudier des zones inaccessibles de notre planète et, ultimement, reconstituer la colonne de roches sous leurs pieds car il a rapporté des échantillons des segments de la Terre qu’il a traversé. À son tour, il a été échantillonné par des géologues qui étudient la composition des différents fragments qu’il contient pour faire leur propre voyage vers le centre de la Terre.

Le magma qui a formé la brèche de Rivard a rapporté ces milliers d’échantillons du plus profond de la croûte terrestre et même du manteau supérieur lors de son ascension. Des résultats préliminaires indiquent que certains fragments proviennent de profondeurs d’environ 75 km. Cela nous donne une profondeur minimale de l’origine du magma qui a transporté ces fragments. Lorsque ce magma est monté, il a tout cassé sur son passage. Il s’est frayé un chemin en montant très rapidement vers la surface, à plus de 1km/h, et a créé son propre réseau de fractures. Ce



FIGURE 5 - Le dyke de Rivard.

faisant, il a arraché des fragments des roches qu’il a traversées et les a transportés avec lui. En refroidissant, le mélange de magma et de fragments s’est figé tel qu’on peut le voir aujourd’hui pour former une étroite bande de couleur foncée dans les gneiss beiges qui l’entourent. Ce type de roches peut être très important non seulement pour la science mais aussi pour l’exploration du diamant. On a longtemps cru que les roches du Bouclier canadien ne contenaient pas de diamant. Mais depuis la découverte de diamants dans les Territoires du Nord-Ouest, en 1990, c’est la ruée vers le diamant à travers une grande partie du Bouclier canadien. Les diamants sont formés à plus de 150 km sous la surface de la Terre et sont ramenés à la surface par des magmas très particuliers, riches en potassium et formés à de très grandes profondeurs. Les kimberlites, les lamproïtes et les minettes sont toutes trois des roches provenant de ces magmas. À l’échelle mondiale, seulement 1 kimberlite sur 100 contient des diamants. La brèche de Rivard s’apparente à ces roches mais ne contient pas de diamant.

Profitez-en pour observer le gneiss granulitique hôte! En effet, ce gneiss donne un aperçu d’une grande partie des gneiss de la région. Il est beige, à grain fin à moyen, pauvre en minéraux foncés, folié et localement rubané. Ses minéraux noirs (ferromagnésiens) sont la hornblende, l’orthopyroxène, la biotite, la magnétite. Localement on peut aussi voir un minéral rouge, du grenat. Il est intercalé avec des bandes d’amphibolites noires d’épaisseur inférieure à quelques mètres. Notez le boudinage de ces couches dans la partie sud de l’affleurement. Lors de la déformation, ces couches ont été étirées et se sont cassées. Des veines (décimétriques) tardives de pegmatite recoupent localement le gneiss.

## LA MISE EN VALEUR DU PATRIMOINE GÉOLOGIQUE DE LA RÉSERVE : UN EXEMPLE DE COLLABORATION ET DES RETOMBÉES DIRECTES

Ce projet de mise en valeur du patrimoine géologique a été effectué dans un premier temps afin de répondre à des préoccupations des employés de la réserve faunique et des gens vivant autour de cette réserve et aussi pour satisfaire leur grand intérêt pour les sciences de la Terre. Ils étaient fort intrigués par les recherches de la Commission géologique du Canada et les raisons pour lesquelles elles étaient menées dans la réserve faunique. Ils voulaient savoir, entre autres : comment peut-on identifier les minéraux; quels sont les types de roche qu'on peut trouver dans la réserve et quel est leur âge; pourquoi la géologie est importante pour les études en environnement; s'il y a des substances exploitables dans la région; et comment on sait que les glaciers ont déjà recouvert la région? Grâce à une subvention du ministère de l'Enseignement supérieur et de la Science du Québec, dans le cadre du programme *Étalez votre science*, le Centre géoscientifique de Québec a pu aller de l'avant avec ce projet. Bien que les mandats des deux partenaires du Centre - l'Institut national de la Recherche scientifique, une constituante de l'Université du Québec, et la Commission géologique du Canada, un secteur du ministère fédéral des Ressources naturelles - soient axés sur la recherche, ils ont soutenu cette initiative de vulgarisation.

Ce projet a mis à contribution le personnel de la réserve faunique, des chercheurs-lecteurs critiques, une spécialiste en didactique des sciences, un graphiste, des infographes, les enseignants de la région environnante et le grand public. Cette équipe a été dirigée par une géologue de l'INRS dédiée à temps plein à la vulgarisation lors de la réalisation du projet et par deux chercheurs de la Commission géologique du Canada.

Cette réalisation a nécessité, entre autres, des travaux sur le terrain, des recherches en laboratoires, une recherche bibliographique en didactique des sciences, une harmonisation avec le programme scolaire du primaire et du secondaire, une étude de la clientèle, l'élaboration du concept du dépliant, la mise en carte numérisée de la géologie et une conception graphique professionnelle.

Parmi les retombées de ce projet, on doit souligner la création du Centre d'interprétation de la Géologie du Grenville (CIGG). Le CIGG est né en 1999 de l'intérêt de visiteurs pour les rallyes géologiques de la réserve de Papineau-Labelle. Comme nous l'avons vu précédemment, ses premières réalisations ont permis l'aménagement et le développement de certains des plus beaux sites géologiques de la réserve et en particulier du site 4. Fort de cette réalisation, le CIGG est à développer de nouvelles activités d'interprétation du patrimoine naturel notamment au Centre Touristique de la Petite Rouge (St-Émile-de-Suffolk), au Musée des Pionniers (Saint-André-Avellin) et aux Chutes de Plaisance. Le CIGG prend donc la relève des travaux dans la réserve de Papineau-Labelle et vise à étendre ses activités à l'ensemble de l'Outaouais.

### REMERCIEMENTS

La mise en valeur du patrimoine géologique de la réserve faunique de Papineau-Labelle a été rendue possible par une subvention du ministère Industrie-Commerce-Science-Technologie du Québec (programme *Étalez votre science*), le financement provenant de Ressources naturelles Canada et de l'Institut national de la recherche scientifique ainsi que des fonds de l'Institut de la fonction publique du Canada et de la compagnie minière Stratmin Graphite. Le Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche du Québec a hébergé les géologues pendant leur travail sur le terrain et diffuse les documents issus de ce projet dans les centres d'accueil de la réserve. Les travaux du CIGG dans la réserve de Papineau-Labelle ont été financés ou soutenus par de nombreux organismes, compagnies ou individus : les Industries LPB, dans le cadre du programme de mise en valeur des ressources du milieu forestier (PMVRMS-volet 2), le Ministère des ressources naturelles du Québec, le Centre local de développement de Papineau, le Centre local d'emploi à Papineauville, le député de Papineau Norman McMillan, le fonds de solidarité étudiant de la FTQ et la corporation Allons au Bois.

### RÉFÉRENCE

TREMBLAY, P. - CORRIVEAU, L. - DAIGNEAULT, R-A.,  
1996 - Si la Terre m'était contée... Géologie de la réserve  
faunique de Papineau-Labelle. INRS-Géoressources; 46 pages.



## MISE EN VALEUR DU PATRIMOINE GÉOLOGIQUE ET MINIER DES APPALACHES

**Serge Gaudard**

*Musée minéralogique et minier de Thetford Mines*

### RÉSUMÉ

Les Appalaches du Québec sont conservées, étudiées ou mises en valeur par des musées, des centres d'interprétation, des parcs, des institutions d'enseignement... Il n'existe pas d'inventaire exhaustif mais un portrait global sera dressé. L'exposé, après avoir délimité les Appalaches et décrit les organismes qui se préoccupent de la conservation de son patrimoine géologique et minier, montre quelle sorte d'institution met ce patrimoine en valeur et quels sont les moyens utilisés par les musées à cette fin. Il aborde le cas des musées, et plus particulièrement celui du Musée minéralogique et minier de Thetford Mines, car ces institutions ont pour principale fonction la conservation du patrimoine. Cette conservation à long terme est de plus complétée par sa diffusion auprès du public, par l'acquisition d'objets, par la recherche et par l'éducation. Le conférencier explore les différents moyens de mise en valeur du patrimoine géologique et minier des Appalaches et présente son point de vue sur « à qui incombe le mandat de le faire? » Un premier colloque permet de regrouper quelques intervenants, mais s'il devient récurrent, tous les deux ans par exemple, il permettra d'établir une concertation à long terme entre les organismes et institutions pour une meilleure conservation du patrimoine géologique et minier du Québec.

### LA PROVINCE GÉOLOGIQUE DES APPALACHES

Avant de parler de la mise en valeur du patrimoine géologique des Appalaches, il convient de connaître l'étendue de cette chaîne de montagnes. C'est une frontière géologique et non géopolitique. Elle couvre un immense territoire qui ne se limite pas à une province ou à un pays. Elle s'étend de l'Alabama aux États-Unis à Terre-Neuve au Canada en suivant la côte Est nord-américaine. Elle franchit l'Atlantique pour devenir en Écosse et en Irlande les Calédonides qui se terminent en Norvège et devient, en Afrique, les Mauritanides. Cette province géologique transgresse donc les frontières géopolitiques (figure 1).

Pour mettre en valeur le patrimoine géologique des Appalaches du Québec et le conserver pour les générations actuelles et futures, nous devons tenir compte de cet ensemble. La partie québécoise est dans le coeur des Appalaches et d'importants événements géologiques s'y sont produits qui témoignent de plus de 500 millions d'années

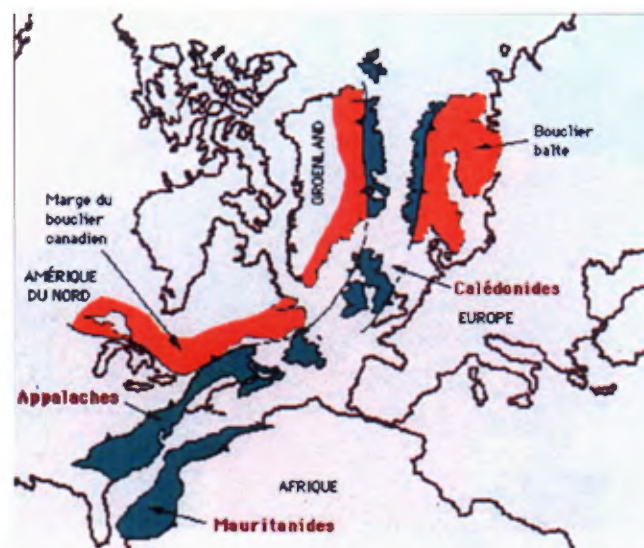


FIGURE 1 - Les trois chaînes de montagnes Appalaches, Mauritanides et Calédonides, aujourd'hui séparées par l'Océan Atlantique ne formaient qu'une seule chaîne il y a environ 450 millions d'années. (Illustration de Pierre-André Bourque et Pauline Dansereau)

d'évolution. Dans cette partie, plusieurs ressources minérales ou lithiques ont été exploitées depuis environ 8 000 ans. Les autochtones ont utilisé le cuivre natif, le quartz, l'argile, le silex, le marbre, et autres matériaux lithiques. Les premiers colons et la société actuelle utilisent depuis le 16<sup>e</sup> siècle plusieurs minerais. Comment mettre de l'ordre dans un inventaire si vaste et qui couvre tant d'années? Il est primordial de constituer un inventaire de ce patrimoine. Il concerne non seulement le Québec, mais aussi l'Europe et l'Afrique. Mais comment mettre en valeur ce patrimoine, et qui pourrait le faire?

### LES INTERVENANTS PRÉSENTS

Les Appalaches québécoises sont situées au coeur de la chaîne de montagne. Elles sont des témoins des événements géologiques importants qui s'y sont déroulés. Si la mise en valeur et la conservation de ce patrimoine géologique dépassent largement la seule portion québécoise et doivent tenir compte de tout l'ensemble décrit plus haut, nous limiterons cette présentation aux intervenants québécois.

Plusieurs instances se préoccupent de la mise en valeur du patrimoine géologique. Les musées, les sites et centres d'interprétation, les corporations opérant des sites de



Certaines institutions d'enseignement québécoises conservent aussi plusieurs spécimens géologiques, mais aucune n'est dédiée exclusivement aux Appalaches. Les départements de géologie ou génie géologique des universités du Québec conservent des spécimens géologiques, comme l'Université McGill et son musée Redpath à Montréal (depuis 1880), l'Université Laval et son musée de géologie René-Bureau, l'école Polytechnique, l'Université de Montréal, le réseau des universités du Québec (à Montréal, à Trois-Rivières, à Chicoutimi etc.). Dans les Appalaches le Collège de la région de L'Amiante a une collection géologique. En résumé, sauf pour les deux musées universitaires, les collections d'institutions d'enseignement servent principalement à l'éducation et à la recherche et n'ont donc pas une conservation garantie à long terme.

La conservation de témoins du patrimoine géologique ne peut être confiée qu'aux musées ou à un ministère comme celui des Ressources naturelles ou celui qui s'occupent des parcs. Ce sont deux institutions publiques et permanentes. Ainsi à long terme (exemple : 100 ans), un spécimen conservé dans ces lieux sera encore en bon état et sera encore à la disposition des chercheurs, des collectionneurs, etc. Les musées ont acquis l'habitude de faire des recherches avec des équipes multidisciplinaires. Ces études et interprétations auront été effectuées pour le bénéfice du public.

Donc, si on veut conserver le patrimoine géologique, nous devons viser le long terme. Le risque de détruire un patrimoine est souvent très grand. Il importe donc d'investir pour sa sauvegarde et cela ne peut logiquement se faire qu'en ayant conscience que c'est pour des centaines d'années. Un musée me semble une solution parce que c'est l'organisme qui a le mandat le plus complet et le mieux ciblé puisqu'il conserve, fait des recherches et met en valeur le patrimoine à long terme. Bien entendu, seules les institutions muséales dont la mission est reliée aux sciences de la Terre peuvent effectuer ce rôle.

Pour mettre en valeur le patrimoine naturel ou humain il y a eu la création de musées. La définition de l'institution muséale que donne aujourd'hui l'organisme regroupant les musées à travers le monde, l'ICOM (1989) (International Council of Museum), est révélatrice : « Le musée est une institution permanente, sans but lucratif, au service de la société et de son développement, ouverte au public et qui fait des recherches concernant les témoins matériels de l'homme et de son environnement, acquiert ceux-là, les conserve, les communique et notamment les expose à des fins d'étude, d'éducation et de délectation ».

Ainsi les musées ont tous en commun une mission de conservation, d'acquisition, de recherche, d'éducation puis de diffusion du patrimoine qu'ils développent selon leur spécificité et leurs moyens. Montpetit (2000) observait récemment: « ...le statut de patrimoine est fondamentalement tributaire de ces démarches répétées de mise en valeur, de diffusion, d'appropriation suggérée ». Il y a donc des musées qui se sont développés au fil des années et qui se sont spécialisés en sciences de la Terre. Sans faire l'his-



**FIGURE 3** - Le nouveau bâtiment du Musée construit en 1997 est recouvert de fibro-ciment fabriqué en Europe à partir de chrysotile provenant de la région de Thetford Mines. Cet espace offre maintenant plus de 1600 m<sup>2</sup> d'espaces muséologiques dont près de 900 m<sup>2</sup> en espaces publiques et plus de 250 m<sup>2</sup> d'espaces de conservation pour le patrimoine géologique et minier. Dans la salle d'exposition permanente de 400 m<sup>2</sup> nous trouvons une synthèse de la géologie des Appalaches et de l'histoire minière de la MRC de L'Amiante. La salle d'exposition temporaire de 200 m<sup>2</sup> permet d'aborder d'autres aspects du patrimoine naturel ou humain.

toire de ces musées spécialisés en sciences de la Terre, il faut mentionner que le premier musée géologique au Québec et aussi au Canada est celui qu'avait créé William E. Logan à Montréal en 1842 pour la Commission géologique du Canada. Sa collection existe encore à Ottawa. Amasser une collection sans tenir compte des cinq fonctions inscrites dans la mission ci-haut amène la perte d'une collection à moyen terme. Le patrimoine de la Commission géologique du Canada (CGC) est encore connu de nos jours, même après plus de 150 ans parce qu'il a été conservé, a servi dans des recherches, dans l'éducation et dans différents modes de diffusion (expositions, publications...). Par exemple, des spécimens récoltés dans les Appalaches dans les années 1840 montrent que la présence de l'amianté était connue bien avant le début de son exploitation en 1876.

### **COMMENT CONSERVER LE PATRIMOINE GÉOLOGIQUE ET MINIER PUIS LE METTRE EN VALEUR?**

La conservation d'un témoin géologique par un club privé ou une institution d'enseignement n'est pas garantie à long terme. Ce témoin n'a pas l'obligation d'être vu ou étudié par toute demande publique. L'étude de ce témoin effectuée par les universités est excellente mais n'est pas forcément bonne pour la conservation. Dans les universités, on se sert de ce patrimoine principalement pour la recherche et l'éducation, mais l'accessibilité au public et sa conservation ne sont pas obligatoires.

Faire participer les musées est donc une excellente solution à la conservation du patrimoine. C'est pourquoi je tiens à vous donner l'exemple d'un musée, le Musée minéralogique et minier de Thetford Mines (figure 3), et ses possibilités pour la mise en valeur du patrimoine. Une incursion dans les moyens qu'il utilise pour mettre en valeur le patrimoine géologiques et minier des Appalaches

vous donnera une idée du potentiel des musées pour que les générations actuelles et futures en profitent. Mais d'abord, je vais vous en dresser un bref portrait historique.

Le Musée minéralogique et minier de Thetford Mines est fondé en 1976 par des collectionneurs de minéraux, des gens appartenant au secteur minier, des enseignants de technologie minérale du Cégep, etc. Le milieu étant une ville minière, c'est probablement une des raisons pour laquelle les fondateurs ont conservé un patrimoine autant minéralogique que minier. Le Musée a toujours eu pour mission de faire connaître les sciences de la Terre. Cette volonté s'est affirmée au fil des années et a permis au Musée de croître.

La mission du Musée est de constituer, conserver, étudier, interpréter, diffuser tant pour les générations actuelles que futures, des collections représentatives du sous-sol des Appalaches, ainsi que de son patrimoine minier. Comme volet complémentaire, s'ajoute celui de faire découvrir le répertoire minéralogique québécois, canadien et la diversité des minéraux dans le monde, en particulier ceux ayant un lien avec l'amiante ou les ophiolites et les Appalaches...

Le programme muséal de l'institution consiste à mener et à encourager des recherches permettant l'identification et la compréhension des collections du Musée, de leur rôle et de leur signification au sein de la société. Il consiste à diffuser le savoir scientifique et technologique relié à l'activité minière régionale tout en vulgarisant ce domaine de connaissances et ses réalisations. Par ses expositions, ses publications et son programme pédagogique, le Musée contribue à faire connaître sa région au plan géologique et minier, ainsi qu'à sensibiliser le public à l'importance de conserver ce patrimoine. Enfin, le Musée rend accessible à la population des expositions itinérantes réalisées par d'autres musées.

Plus de 15 000 pièces composent les collections du Musée. La partie géologique constitue près de 70 % des collections et la partie minière environ 30 %. La collection géologique est constituée de minéraux, de roches (dont quelques météorites) et de fossiles. La collection reliée au domaine minier est constituée d'équipements et d'outils miniers, d'appareils scientifiques, de produits fabriqués avec des minéraux. De plus, nous avons une collection d'archives minières historiques de plus de 4 000 documents qui relate surtout l'histoire de l'amiante, de la chromite, du talc et du cuivre dans les Appalaches. Elle est constituée de photographies, diapositives, négatifs, cartes postales, cartes topographiques et géologiques, plans de mines...

Toute l'information sur la collection est normalisée selon les mêmes procédures que dans l'ensemble des musées du Canada, informatisée puis versée sur le site Internet du réseau canadien d'information sur le patrimoine (RCIP) et le réseau québécois Info-Muse. Ce site est accessible pour tous (<http://www.rcip.gc.ca>). Il inventorie toutes les collections des musées qui y contribuent.

Un musée est un organisme sans but lucratif géré par un conseil d'administration. Le conseil d'administration se compose de onze membres du Musée nommés par l'Assemblée générale. On y retrouve des membres corporatifs : municipalité, collège, industrie minière et autres ainsi que des membres individuels représentatifs du milieu. Leur responsabilité est donc grande, l'action de conservation commence par leur implication. Un administrateur est élu pour deux ans. Dans la plupart des musées vous pouvez devenir Amis du Musée. Notre dépliant mentionne *Être Ami du Musée, c'est participer à la mise en valeur d'un patrimoine régional exceptionnel et unique.*

Pour mettre en valeur le patrimoine, nous avons plusieurs moyens ou outils reliés à nos fonctions d'acquisition, de conservation, de recherche, d'éducation et de diffusion.

D'abord, il faut acquérir des objets représentatifs. Nous avons établi une politique d'acquisitions en 1994 : elle est révisée régulièrement par les membres du comité d'acquisition. Cette politique est appliquée par un comité d'acquisition qui se réunit pour aider, approuver ou statuer sur les acquisitions. Il est constitué du directeur et du conservateur du Musée, d'un membre du conseil d'administration et il est ouvert pour deux autres intervenants neutres en dehors du conseil d'administration. Ces intervenants sont choisis pour leurs connaissances, leur formation et leur profession reliée aux sciences de la Terre ou au domaine minier.

La conservation du patrimoine géologique est intéressante, mais il faudrait y ajouter le patrimoine minier qui est complémentaire et indissociable lorsqu'on parle de sites miniers et de lieux d'anciennes exploitations minières. Conserver un site minier implique aussi la conservation de son histoire minière et de son patrimoine minier. Cela veut dire de conserver des archives constituées de photographies, manuscrits, plans, films etc. Le Musée minéralogique et minier de Thetford Mines conserve aussi des collections d'histoire des sciences géologiques et d'histoire minière, ces objets qui portent la mémoire des pratiques et de la pensée scientifique de notre société.

Grâce à ses connaissances le Musée peut aider d'autres organismes à sauvegarder le patrimoine. Souvent on pense à tort que les collections de roches, de fossiles et de minéraux ne demandent aucun moyen de conservation. Pourtant, à des fins de conservation préventive nous devons faire attention aux variations de température et d'humidité qui peuvent oxyder plusieurs, nous devons les protéger du vol et du vandalisme, de la manipulation abusive qui peut endommager les cristaux très fragiles, etc. Pour le patrimoine minier sa conservation est aussi délicate que n'importe quelle collection de musée en sciences humaines, puisque les objets sont en bois, en cuir, en plâtre, en carton, en métal, en plastique...

Le groupe d'intérêt en muséologie scientifique et technologique de la Société des musées québécois a dressé un portrait général des collections d'histoire naturelle et

## CHOIX D'ACTIVITÉS COMPLÉMENTAIRES

ATELIERS

### À la découverte des minéraux

Démonstrations et expériences tactiles sur les propriétés physiques (dureté, couleur du trait, magnétisme, etc.) des minéraux pour en faciliter l'identification. Cet atelier est adapté aux niveaux primaire et secondaire.

**Durée : 15 à 45 minutes selon la disponibilité des groupes.**

### De la fourchette au minéral

Trousse pédagogique permettant de faire le lien entre les principaux minéraux industriels et leurs applications dans la vie de tous les jours. Activités ludiques adaptées aux niveaux primaire et secondaire.

**Durée minimum : 30 minutes.**

### À la découverte des Appalaches

Découvrez les Appalaches géographiquement et géologiquement grâce à des activités et à des jeux adaptés aux niveaux primaire et secondaire.

**Durée minimum : 20 minutes**

### Voyage dans le temps

Jeux et activités permettant aux participants de se familiariser avec la datation des temps géologiques et des événements qui y sont associés.

**Durée : 20 minutes.**



EXCURSIONS

### NOUVEAUTÉ : Circuit dans l'environnement minier

Tournée des sites témoins de l'histoire des villes minières de Thetford Mines et de Black Lake, exemples typiques du développement urbain engendré par l'industrie minière. Arrêt au belvédère d'observation qui surplombe le puits du plus important producteur d'amiante. Interprétation de la géologie et des sites d'exploitation.

**Durée : 60 à 90 minutes selon la disponibilité des groupes.**

**Coût : 2,80 \$**

\* Possibilité d'une visite minière à la mine Lac d'Amiante du Québec dans un autobus spécialement adapté.

**Durée : 90 à 120 minutes**

**Prix à déterminer**

### Excursions géologiques

#### • Fouille :

Initiation à la géologie et à l'identification de minéraux sur le site d'une ancienne mine. Cueillette d'échantillons.

Méthode d'identification des minéraux et principes de base pour débiter une collection.

**Durée : 1 heure 30.**

**Coût : 3,25 \$**

#### • Orpillage :

Panage d'or en rivière. Approche géologique, démonstration et expérimentation en équipe.

**Durée : 2 heures**

**Coût : 4,50 \$**

• Observation des consignes de sécurité.

• Un dépôt de 20 \$ est requis pour fourniture d'équipements.



Le Musée minéralogique et minier de Thetford Mines est accrédité par le ministère de la Culture et des communications du Québec. Développement économique Canada et le programme d'aide aux musées du ministère du Patrimoine canadien contribuent par leur soutien financier à la mise en marché du Musée.

Toutes ces activités sont conduites par des animateurs spécialisés et sont complémentaires des programmes scolaires.

**Pour les sorties, le transport du groupe est utilisé. Nos coûts incluent les taxes.**

**À noter : Des activités spéciales seront à l'affiche lors de la semaine de relâche.**

**Pour plus d'information, téléphonez au (418) 335-2123 ou consultez notre site Internet.**

FIGURE 4 - Ateliers et excursions dans les Appalaches offerts par le Musée minéralogique et minier de Thetford Mines.

d'histoire des sciences. Il en ressort que ces musées qui incluent les musées en sciences de la Terre ont trois types de collection : « les collections de recherche, vouées au développement des connaissances et à la recherche scientifique, les collections patrimoniales ou historiques qui témoignent de notre histoire de sciences naturelles et les collections éducatives utilisées à des fins pédagogiques... » (GIS-MUST, 1998).

Le Musée minéralogique et minier de Thetford Mines développe des activités d'interprétation et d'animation qui font la joie du visiteur et qui sensibilise les gens à la conservation du patrimoine: l'habit du mineur, les techniques d'orpaillage dans un bassin (lavage avec la battée et découverte d'or), la démonstration de l'ancienne technique du gobage (méthode pour séparer manuellement les fibres de chrysotile de la roche-mère au moyen d'un marteau), etc. À noter que les activités se déroulent autant à l'extérieur qu'à l'intérieur. De plus, nous avons des activités complémentaires telles que vous pouvez le voir à la figure 4. Le parc extérieur du Musée est un lieu d'interprétation, d'animation, de théâtre, de discussions, de dilettantes...

Nous avons jusqu'à présent produit trois expositions itinérantes: *Quand la mer se terre* qui explique la formation géologique des Appalaches, *Pierres qui roulent* sur les minéraux industriels du Québec et *Magnésium, métal de l'avenir*, qui fait le point sur ce métal prometteur. Le Musée produit régulièrement des publications concernant le patrimoine minéralogique et minier...

## CONCLUSION

Conserver et mettre en valeur notre patrimoine régional peut avoir des répercussions internationales. La conservation du patrimoine géologique est indispensable mais dans le titre des actes du colloque nous devrions ajouter le patrimoine minier qui est complémentaire et indissociable lorsqu'on parle de sites miniers et de lieux d'anciennes exploitations minières. Conserver un site minier implique aussi la conservation de son histoire minière et de son patrimoine minier et géologique. Il faut tenir compte des limites à ce qu'on peut conserver en termes d'espaces, de ressources humaines et de moyens financiers.

Nous avons fait un survol de l'ensemble des institutions qui s'occupent de la conservation du patrimoine géologique et minier au Québec. Il se peut qu'il en manque certains. Il faudrait faire un inventaire exhaustif et dresser une liste des intervenants et de leur mission. Il n'existe pas encore de regroupements qui essaient de sauvegarder des sites géologiques avec une vision nationale. Les musées, universités, certains ministères et autres groupes d'intervenants pourraient y participer.

Le Musée semble être bien positionné non seulement comme lieu de conservation, mais aussi pour l'éducation et

la diffusion de produits reliés aux sciences de la Terre. Le Musée collectionne autant des minéraux, des roches, des fossiles que ce qui est relié au domaine minier. Que ce soit des expositions, des publications ou d'autres moyens de diffusion, il est très accessible au public. Il y a très peu de musées spécialisés dans les sciences de la Terre au Québec, mais ils gagnent à être connus.

Notre institution a adopté une mission reliée à la province géologique des Appalaches. Il serait peut être intéressant d'avoir des institutions qui se consacrent à d'autres provinces géologiques comme le Grenville, le Nain... Chaque musée régional devrait réserver un petit espace d'interprétation géologique de leur région et conserver quelques éléments géologiques. Ce premier colloque permet de regrouper quelques intervenants, mais il faudrait une suite, une sorte de réunion régulière tous les deux ans peut être, pour permettre à tous de voir l'ensemble des points de vue et des efforts pour la sauvegarde du patrimoine géologique et minier.

## RÉFÉRENCES

- ICOM, 1989 - Statuts du Conseil international des musées (ICOM) tel qu'adopté par la XVI<sup>e</sup> Assemblée générale de l'ICOM, La Haye, Pays-Bas, 5 septembre 1989. article 2-Définitions.
- GIS-MUST, 1998 - Bilan de la MUST au Québec, Société des musées québécois, Groupe d'intérêt spécialisé en muséologie scientifique et technologique (GIS-MUST), Montréal, 23 pages.
- MONTPETIT, R. 2000 - Les musées générateurs d'un patrimoine pour aujourd'hui: quelques réflexions sur les musées dans nos sociétés postmodernes, Direction des politiques culturelles et des programmes, Ministère de la Culture et des communications, Québec, 49 pages.

### Publications du Musée minéralogique et minier de Thetford Mines concernant le patrimoine géologique et minier :

- CINQ-MARS, F. - GRONDIN, J. - GAUDARD, S., 1991 - Trésors d'une collection, Musée minéralogique et minier de la région de L'Amiante, 44 pages.
- CINQ-MARS, F. - JACOB, H.-L. - GAUDARD, S., 1991 - Pierres qui roulent: les minéraux industriels du Québec, Musée minéralogique et minier de la région de L'Amiante, 20 pages
- CINQ-MARS, F. - GAUDARD, S., 1992 - Continuité et enjeux d'une région minière, catalogue d'exposition, Musée minéralogique et minier de la région de Thetford Mines, 32 pages
- GAUDARD, S., 1993 - Voyage au coeur des Appalaches: curiosités minérales de la MRC de L'Amiante, Musée minéralogique et minier de la région de L'Amiante, 180 pages.
- CINQ-MARS, F. - GAUDARD, S. - DUBÉ, - OUELLETTE, R.M., 1999 - De la pierre à coton à la fibre de chrysotile: plus de 120 ans d'évolution dans les mines d'amiante, Musée minéralogique et minier de Thetford Mines, 120 pages.

## LE PATRIMOINE GÉOLOGIQUE DE L'ABITIBI, VESTIGE DE NOS PREMIERS VOLCANS

Michel Jébrak<sup>1</sup>, Robert Marquis<sup>2</sup> et Réal Daigneault<sup>3</sup>

1- Université du Québec à Montréal

2- Ministère des Ressources Naturelles, de la Faune et des Parcs

3- Université du Québec à Chicoutimi

Du Québec à l'Ontario, l'Abitibi constitue la plus grande ceinture de roches vertes du monde. Il s'agit d'un ensemble de roches principalement volcaniques, mais également plutoniques et sédimentaires qui témoignent de l'une des plus anciennes pages de l'histoire de notre planète, à la fin de l'Archéen, vers 2700 millions d'années. Depuis les premières découvertes au début du XIX<sup>e</sup> siècle, l'Abitibi est apparue comme une province métallique exceptionnelle, avec des gisements de classe mondiale de cuivre, tels ceux de Rouyn ou de Kidd Creek, et d'or tels ceux de Val-d'Or ou de Kirkland Lake (Barley, 1991). Les développements économiques se sont accompagnés d'études scientifiques très détaillées qui font de l'Abitibi aujourd'hui la province archéenne la plus connue du monde. Ces études ont de plus bénéficié de conditions d'affleurements de très grande qualité, dégagés par l'érosion glaciaire, permettant des travaux beaucoup plus précis que ceux conduits dans d'autres provinces du même âge comme le craton de Yilgarn, en Australie occidentale, ou la ceinture de Barberton, en Afrique du Sud.

L'Abitibi constitue ainsi une référence unique, où des géologues de tous les pays viennent chaque année visiter ces sites exceptionnels. C'est un véritable laboratoire à l'échelle mondiale qui permet de reconstituer l'histoire de la Terre à une période singulière, la fin de l'Archéen (Séguin et Cailleux, 1976). Cette époque est en effet marquée par une forte augmentation de la vitesse de construction de la croûte continentale, en relation avec un fonctionnement intense du manteau. Il s'agit de conditions exceptionnelles qui se traduisent par la formation de roches volcaniques très particulières, notamment les komatiïtes (Campbell *et al.*, 1989), et par des environnements volcaniques et sédimentaires uniques au monde. Certaines de ces roches contiennent des assemblages minéraux très particuliers bien connus des collectionneurs.

Cette note a pour but de présenter rapidement les grands traits de l'histoire géologique de l'Abitibi, puis de souligner l'importance de quelques éléments du patrimoine géologique qu'il importerait de préserver et de développer.

### UNE BRÈVE HISTOIRE GÉOLOGIQUE DE L'ABITIBI

L'influence de la géologie sur le développement et le peuplement de l'Abitibi est remarquable. En effet, la loca-

lisation des premières découvertes minières importantes a façonné le visage de la région en favorisant la création de villes nouvelles le long d'un axe est-ouest qui suit un accident géologique majeur, la faille de Larder Lake – Cadillac. Les découvertes minières le long de cette faille ont transformé à tout jamais le visage de l'Abitibi, en favorisant la croissance des villes et la construction de routes loin au sud du tracé du chemin de fer du Canadien National.

Les levés sismiques ont montré que la ceinture de roches vertes de l'Abitibi était probablement allochtone sur une croûte moyenne composée de fragments de blocs de roches répétés par la tectonique. Tout cet ensemble s'est mis en place à la fin de la période Archéenne, entre 2700 Ma et environ 2650 millions d'années dans le Sud de l'Abitibi. Le paysage à l'époque devait ressembler à celui de l'Ouest du Pacifique Sud d'aujourd'hui, avec des archipels et des volcans sous marins. Mais le soleil était moins puissant qu'aujourd'hui, l'air plein de gaz carbonique, et la vie limitée à quelques algues autour des sources thermales sous-marines. Ces archipels ont été ensuite assemblés les uns contre les autres sous l'effet de la tectonique des plaques, ce qui s'est accompagné de la formation de plis et de failles : la faille de Larder Lake - Cadillac recoupe ainsi la croûte sur 12 à 15 km et marque la limite entre deux blocs géologiques basculés et juxtaposés l'un à l'autre. La chaîne de montagne produite à ce moment a ensuite été érodée pour donner la plaine actuelle.

L'Abitibi a été très peu modifié depuis cette époque. Au Protérozoïque, vers 2000 millions d'années, l'ouverture d'une mer proche du Lac Huron conduisit à des dépôts sédimentaires glaciaires (tillites de Monts Kekeko) et à des laves basaltiques. Au Quaternaire, les glaciers ont érodé peu profondément la surface et donné le paysage actuel.

À l'affleurement, on reconnaît principalement des roches volcaniques et des plutons. Les sédiments sont limités à de petits bassins le long des grandes zones de cisaillement (Daigneault et Archambault, 1990). Les roches volcaniques sont composées de nombreuses coulées très variées, mises en place généralement dans un milieu sous-marin à quelques milliers de mètres de profondeur. L'association de tholéïtes et de komatiïtes indique vraisemblablement un environnement de panache du manteau (point chaud), tandis que des associations de roches felsiques et mafiques

ont été interprétées comme des restes de croûte océanique, de monts sous-marins ou de plateaux océaniques. Les roches plutoniques reflètent la mise en place de poches de magma à de nombreuses reprises au cours de la formation de l'Abitibi. Enfin, les sédiments reflètent l'érosion de la chaîne de montagne archéenne, dès sa construction.

## QUELQUES ÉLÉMENTS DU PATRIMOINE GÉOLOGIQUE ABITIBIEN

L'Abitibi du Québec a fait l'objet de très nombreuses excursions géologiques nationales et internationales qui ont permis de reconnaître les affleurements les plus spectaculaires et les plus accessibles du patrimoine naturel. Un inventaire complet de ces sites reste à réaliser. Mais on peut en citer quelques-uns ci-dessous. La figure 1 donne la position de ces sites sur une esquisse géologique de la région.

### La crête de la ride à komatiites

La ride à komatiites est située entre Rivière Heva et Amos (figure 1, site A). Les komatiites sont des roches volcaniques ultramafiques caractérisées par leur richesse en magnésium, supérieure à 14 % MgO. Ces roches sont dérivées de laves volcaniques qui constituent des produits d'une fusion intense du manteau, dans des conditions de très hautes températures qui ont été reliées à la présence d'un panache du manteau. Les affleurements de la ride à komatiites exhibent de magnifiques coulées à spinifex qui constituent un véritable joyau géologique. Les spinifex sont constitués par des cristaux d'olivine de forme dendritique pouvant atteindre plusieurs mètres de longueur. Leur préservation s'impose, surtout du fait des dégradations en cours (photo 1).

### Les basaltes en coussins de Rouyn

Au sud de Rouyn-Noranda affleure une longue bande de basaltes appartenant au Groupe de Blake River (figure 1, site B). Ces basaltes exhibent des structures volcaniques variées, notamment des coussins qui témoignent de la mise en place sous-marine de ces roches volcaniques. La qualité de préservation de ces coussins basaltiques est remarquable, sans aucun doute l'une des meilleures du monde. Le sommet de plusieurs coulées est souligné par une brèche de coulée constituée de fragments anguleux comprenant des segments de bordures de coussins (photo 2). Cette brèche s'est formée lors du refroidissement rapide des laves au contact de l'eau.

### Les rhyolites de Cléricky

Le volcanisme felsique se développe dans tout le bloc de Blake River. Près de Cléricky (figure 1, site C), une série d'affleurements le long d'une crête rocheuse permet de comprendre comment se mettent en place ces rhyolites sous-marines (Verpaelst, 1985). On y distingue en particulier des zones représentant le cœur du volcan, avec des figures de flux dans des coulées visqueuses, des zones plus éloignées de ce cœur, représenté par du verre magmatique, et des brèches formées de débris de laves, encore plus lointaines (photo 3).

### Les débris de sulfures de Remnor

Immédiatement à l'Ouest de la fonderie Horne (figure 1, site D), un affleurement exceptionnel montre des blocs de sulfures dans des volcanoclastiques felsiques. Ce type de volcanisme est particulièrement bien développé au voisinage de Rouyn-Noranda. Il a été proposé que l'enrichissement

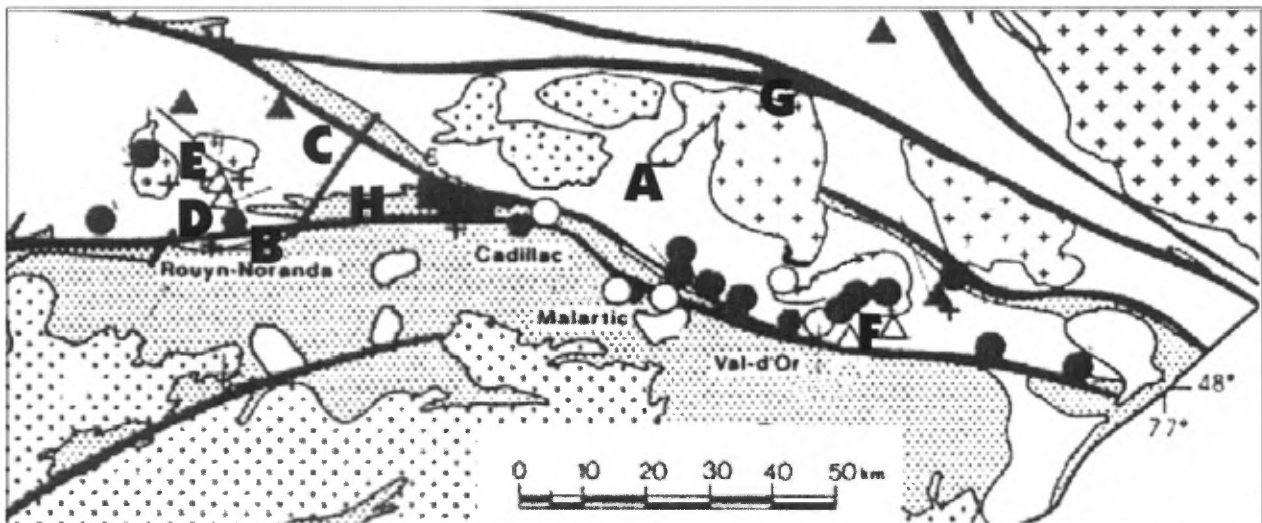


FIGURE 1 - Grands traits de la géologie du Sud de l'Abitibi et position des sites décrits dans le texte (lettres de A à G). Les ronds représentent des gisements d'or, les triangles des mines de métaux de base. Les petites croix du granite. En blanc, des roches volcaniques et la Province de Grenville. En pointillé, des roches plus métamorphiques. Esquisse géologique d'après Simard *et al.*, 1990.



PHOTO 1 - Affleurement de komatiite maculée par des inscriptions.

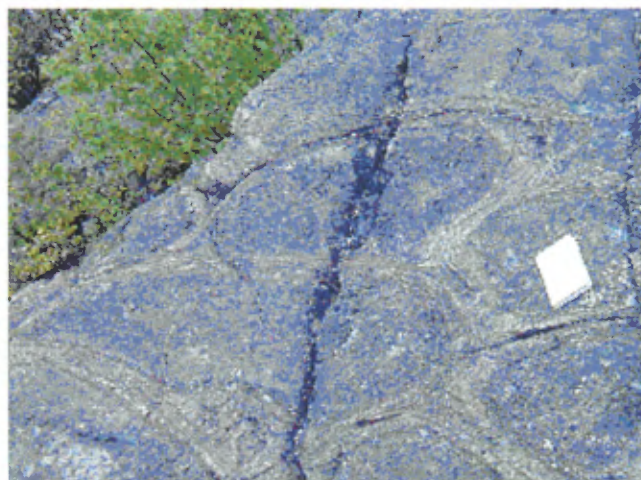


PHOTO 2 - Sud de Rouyn : basaltes en coussins.

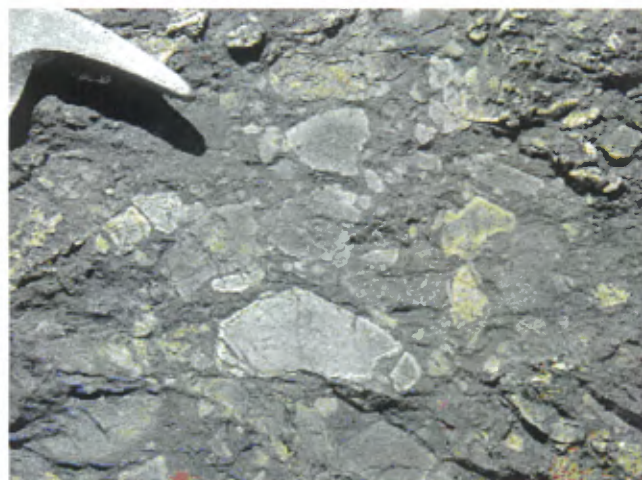


PHOTO 3 - Clérey : Rhyolite avec fragments.



PHOTO 4 - Remnor : volcanoclastites à niveaux riches en sulfures.

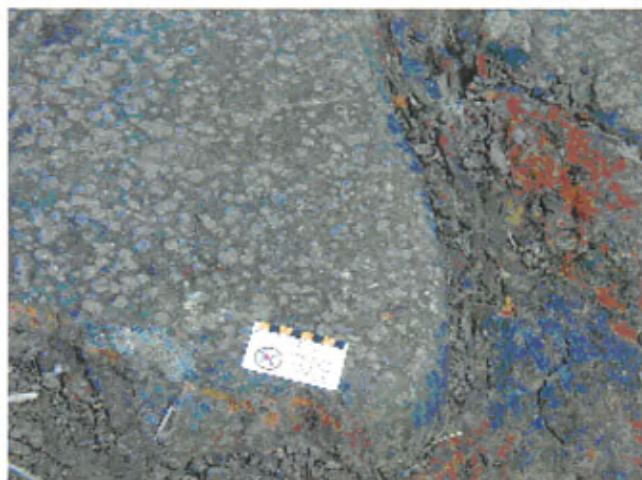


PHOTO 5 - Amulet : Dalmatianite dans un basalte en coussins.

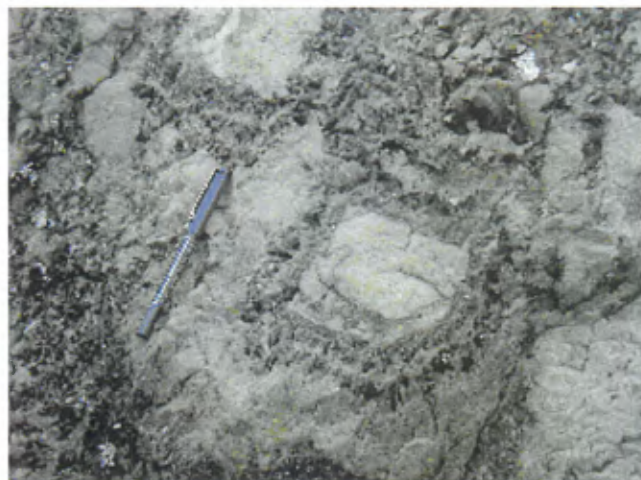


PHOTO 6 - Pegmatite de Lamotte.

en or de la mine Horne (400 t produites à ce jour) serait lié à ces roches rhyolitiques (photo 4).

### Les sulfures d'Amulet upper A

Dans la région de Rouyn-Noranda, le contact entre l'andésite et la rhyolite d'Amulet est très favorable à la minéralisation sulfurée. Les gisements apparaissent comme des lentilles entourées d'une altération hydrothermale prononcée. Le gisement A Supérieur se trouvait à la surface, dans les andésites, à l'emplacement de deux anciennes exploitations à ciel ouvert (figure 1, site E). Ce gisement est considéré comme résultant de l'activité de sources thermales sur le fond marin, à la surface de la rhyolite et au-dessus des zones altérées (Gibson et Watkinson, 1990). On y observe également une roche exceptionnelle, la dalmatianite, issue de l'altération hydrothermale du fond sous-marin (photo 5).

### Le volcanisme explosif de Val-d'Or

Il existe de nombreux affleurements montrant le volcanisme explosif Archéen dans la région de Val d'Or : ainsi, les décapages de l'ancienne propriété Audet directement à l'Est de la mine Sigma (figure 1, site F) sont connus sous le nom de « décapages Placer ». Les décapages de la propriété Sleepy Lake sont également remarquables. Une coupe géologique le long de la route 117 au sud de Louvicourt montre de très belles textures sphérolitiques dans des coulées massives de composition dacitiques. Les décapages dans le secteur du chemin de East Sullivan montrent des volcanoclastites, des coulées massives et des coulées coussinées. Enfin, des volcanoclastites avec altération en épidote et magnétite sont exposées dans le secteur de la mine Akasaba.

### Les pegmatites du canton de Lamotte

La fin de la formation de la chaîne archéenne est marquée par la mise en place de granites à deux micas, très riche en fluide, issus de la fusion de la croûte continentale (photo 6). Des minéralisations en métaux rares, tel le lithium ou le molybdène, sont associées à ces granites et ont été exploitées. Des pegmatites avec des cristaux géants de spodumène sont connues sur plusieurs indices minéralisés en lithium, et en particulier sur la propriété Raymor dans le canton de Lamotte (figure 1, site G).

### Les conglomérats du Témiscaming

À la fin de la mise en place des roches volcaniques, l'Abitibi fut érodé par des fleuves qui se jetaient dans des bassins souvent assez profonds (Dimroth *et al.*, 1982). Les roches sédimentaires qui témoignent de ces conditions sont préservées le long des grandes zones de failles qui limitent les différents blocs géologiques, et en particulier le long de

la faille Cadillac (Daigneault et Archambault, 1990). L'un des lambeaux les mieux préservés est situé au Sud et à l'Est de Rouyn-Noranda, dans la localité de McWatters, au Nord de l'intersection de la route 117 et de la voie ferrée (figure 1, site H). Ces affleurements permettent d'observer en détail le conglomérat du Témiscaming formé de galets et de blocs dans une matrice peu abondante composés de débris plus fins ou de tufs volcaniques. Les blocs granitiques sont généralement arrondis tandis que les blocs mafiques sont pour la plupart étirés et certains sont même plissés en forme de U.

### CONCLUSION

Le patrimoine géologique de l'Abitibi est largement sous-évalué et sous-exploité. Les habitants n'ont pas conscience, dans leur très grande majorité, de l'environnement géologique dans lequel ils vivent. Si l'histoire minière a fait l'objet d'action de sauvegarde patrimoniale ponctuelle (village minier de Lamaque, magasin général Dumognon à Rouyn-Noranda) et d'effort muséologique (Malartic, Cité de l'Or), il n'y a eu jusqu'à présent aucune action de valorisation touristique ou de protection du patrimoine géologique de l'Abitibi. Il s'agit donc d'une ressource inexploitée.

Or, l'essentiel du territoire abitibien est recouvert par des forêts et des marécages qui masquent la géologie. Les affleurements sont donc relativement rares dans cette région fortement érodée et pénéplanée depuis plus de 2500 millions d'années (plus de la moitié de l'âge de la Terre). Les affleurements de grande qualité y sont encore plus rares, et certains de ces affleurements, d'un intérêt scientifique majeur, sont en danger : ainsi, certains des sites mentionnés sont situés près d'agglomération en développement; plusieurs sont l'objet d'une fréquentation telle qu'ils se dégradent progressivement; d'autres enfin apparaissent comme des trouées inesthétiques dans le paysage, et leur conservation ne peut se justifier sans un minimum d'actions d'éducation vis à vis du public. Le patrimoine géologique de l'Abitibi constitue donc véritablement une ressource en danger.

La protection de tout patrimoine est une opération complexe. Elle passe par une définition des sites. Il y a lieu d'en dresser d'abord une liste exhaustive. Des études devront ensuite être entreprises afin de bien les comprendre et d'en mesurer leur degré d'originalité; on devra les comparer à d'autres sites dans la région ou ailleurs dans le monde. Il faudra ensuite déterminer la taille des zones à protéger, envisager par exemple la réunion de plusieurs sites dans un parc. Des études de faisabilité, comprenant des aspects techniques, juridiques et financiers devront ensuite être entreprises. Si l'on souhaite entreprendre une valorisation de certains de ces sites, on devra alors entamer une réflexion sur la nature du public-cible (spécialistes, monde de l'éducation, grand tourisme), réaliser une information orientée vers ce public, et une sensibilisation de la

population et des autorités locales, pour préparer un effort collectif. Toute cette démarche devra aboutir à l'élaboration d'une loi de protection et de valorisation du patrimoine géologique. Le résultat visé mérite certainement ces efforts pour placer l'Abitibi au cœur des grandes régions éducatives et géologiques au Québec et dans le monde.

## RÉFÉRENCES

- BARLEY, M.E., 1991 - The Late Archaean bonanza: metallogenic and environmental consequences of the interaction between mantle plumes, lithospheric tectonics and global cyclicality, *Precambrian Research*, 91, pp. 65-90.
- CAMPBELL, I.H. - GRIFFITHS, R.W. - HILL, R.I., 1989 - Melting in an Archaean mantle plume: Heads it's basalts, tails it's komatiites. *Nature*, v. 339, pp. 697-699
- DAIGNEAULT, R. - ARCHAMBAULT, G., 1990 - Les grands couloirs de déformation de la sous-province de l'Abitibi. In *The Northwestern Quebec Polymetallic Belt*, Edited by M. Rive, P. Verpaelst, Y. Gagnon, J.M. Lulin, G. Riverin and A. Simard. The Canadian Institute of Mining and Metallurgy, Special Volume 43, pp. 43-64.
- DIMROTH, E. - IMREH, L. - ROCHELEAU, M. - GOULET, N., 1982 - Evolution of the South-central part of the Archaean Abitibi Belt, Part I: Stratigraphy and paleogeographic model. *Journal Canadien des Sciences de la Terre*, v. 19, pp. 1729-1758.
- GIBSON, H.L. - WATKINSON, D.H., 1990 - Volcanogenic massive sulphide deposits of the Noranda Cauldron and Shield Volcano, Quebec. In *The Northwestern Quebec Polymetallic Belt*, Edited by M. Rive, P. Verpaelst, Y. Gagnon, J.M. Lulin, G. Riverin and A. Simard. The Canadian Institute of Mining and Metallurgy, Special Volume 43, pp. 119-132.
- SÉGUIN, M.K. - CAILLEUX, A., 1976 - L'Est du Canada : Basses Terres du Saint-Laurent, Appalaches, Bouclier précambrien, Guides géologiques régionaux, Masson Edisem, 176p.
- SIMARD, A. - GOBEIL A. - VERPAELST, P. - RIVE, M. - LACROIX S. - RACICOT, D., 1990 - Relationship between mineral deposits and geologic domains of the Abitibi volcano-plutonic belt of Northwestern Quebec. In *Rive, M., Verpaelst, P., Gagnon, Y., Lulin, J.M., Riverin, G., Simard, A., The Northwestern Quebec Polymetallic Belt* Canadian Institute of Mining and Metallurgy, Special volume 43, pp. 1-16
- VERPAELST, P., 1985 - Géologie de la séquence volcanique archéenne du complexe de Duprat, Abitibi, Québec. Ph.D., Université de Montréal, Montréal, Québec.



# LE PATRIMOINE GÉOLOGIQUE DE LA CÔTE-NORD : POUR QUI ET POURQUOI?

**Serge Perreault**

*Ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs*

## INTRODUCTION

Un peu partout à travers le monde, plusieurs initiatives ont pris forme pour mettre en valeur le patrimoine géologique. En général, dans la création d'un parc national fédéral ou provincial, l'aspect des phénomènes géologiques et géomorphologiques est pris en considération, avec bien sûr, le souci de la représentativité des milieux fauniques et floristiques présents sur le territoire, de la préservation de la biodiversité et du caractère unique de certaines espèces animales et végétales. Qu'en est-il de la préservation de sites géologiques uniques ou représentatifs du territoire? Il n'y a pratiquement pas de moyen de sauvegarder un site géologique exceptionnel, mis à part quelques dispositions dans la loi des Mines et dans la loi sur les biens culturels. Et seuls ceux qui se retrouvent dans les parcs nationaux, provinciaux ou dans les réserves écologiques sont actuellement protégés.

Entre 1992 et 2001, à titre de géologue résident de la Côte-Nord, j'ai eu l'occasion de parcourir la Côte-Nord, de la côte à la région de Fermont et du fjord du Saguenay jusqu'à la frontière Québec – Labrador dans la région de Fermont. Au fil des ans, j'ai décrit et photographié de nombreux sites géologiques, minéralogiques, fossilifères et miniers qui méritent d'être préservés ou désignés à titre de patrimoine géologique. Sans doute, un choix devra s'imposer dans la sélection de ces sites. Quoi qu'il en soit, je vous présente dans cet article certains de mes sites préférés qui, à mon avis, devraient faire partie intégrante du patrimoine géologique du Québec! Afin d'alléger le texte, j'utiliserai le terme « site géologique » au sens large, ce qui inclut les sites minéralogiques, fossilifères, géomorphologiques et tous ceux reliés à des phénomènes ou à des processus géologiques.

## POURQUOI ET POUR QUI?

Au même titre que les parcs nationaux et provinciaux, les réserves écologiques et les forêts exceptionnelles, dont les fonctions premières sont de préserver des paysages ainsi que des habitats fauniques et floristiques, il est important de préserver des sites du patrimoine géologique pour les générations futures.

Pourquoi faut-il préserver des sites géologiques? Parce que la désignation de sites à titre de patrimoine géologique permettra de les sauvegarder contre toute forme d'explo-

tation ou à tout le moins de concilier le type d'exploitation en fonction de la préservation du site. Mis à part les paysages géomorphologiques et certains sites géologiques, minéralogiques ou fossilifères qui sont situés à l'intérieur d'un parc national fédéral ou provincial et d'une réserve écologique, il n'existe que très peu de moyens pour préserver des sites géologiques, minéralogiques ou fossilifères. Quelques dispositions dans la loi sur les Mines (L.R.Q., c. M-13.1) permettent au ministre des Ressources naturelles du Québec de soustraire des portions du territoire québécois au jalonnement, à la désignation sur carte et à l'exploitation minière. Toutefois, cela n'empêche pas une personne physique ou morale d'utiliser ce territoire à d'autres fins, menaçant du même coup un site minéralogique ou fossilifère, par exemple.

Pour qui faut-il préserver? La réponse est pour tous. Au Québec, la géologie est peu enseignée dans les écoles tant au niveau primaire que secondaire et encore moins au niveau collégial. Mis à part quelques notions de géologie au 2<sup>e</sup> cycle du primaire, dans le cadre d'un cours sur les sciences naturelles, de quelques semaines de cours consacrées à la géologie en sciences physiques au 2<sup>e</sup> cycle du secondaire, et un cours optionnel en géologie dans un nombre restreint de cégeps, il faut attendre le niveau universitaire pour trouver des cours de géologie. Mentionnons, tout de même, les deux cégeps qui offrent un programme en technique minière.

Quelques chaînes de télévision offrent cependant des séries télévisées à caractère scientifique pour le grand public portant sur des sujets géologiques. Citons la BBC, Discovery Channel et la National Geographic Society.

La conséquence est que la grande majorité des québécoises et québécois n'ont pas eu de notions de géologie ou très peu. La préservation de sites géologiques en tant que patrimoine nous permettra, ainsi qu'aux générations futures, de pouvoir utiliser les sites à des fins éducatives sans qu'une menace de disparition ne pèse sur eux.

## UN PEU D'HISTOIRE GÉOLOGIQUE

Le territoire de la Côte-Nord présente une géologie diversifiée et son évolution géologique s'étire sur plus de 2 milliards d'années (Ga). Le soubassement rocheux de la Côte-Nord est composé (1) de roches provenant d'un bassin volcano-sédimentaire paléoprotérozoïque (Fosse du Labrador) avec ses importantes formations de fer, (2) de la

juxtaposition de terrains tectoniques d'origine plutonique et/ou supracrustale entre 1,6 et 1 Ga, et (3) de la mise en place du plus important volume d'anorthosite au monde entre 1,6 Ga et 975 millions d'années (Ma) et de nombreux plutons de mangérite, de monzonite, de granite et de pegmatite (Perreault et Heaman, 2001, Gower et Krogh, 2002). Aujourd'hui, nous observons les roches métamorphiques et plutoniques de la racine d'une ancienne chaîne de montagne, mieux connue sous le nom de Province de Grenville. Les processus qui ont mené à la formation de cette chaîne de montagnes, voilà près de 1 Ga, sont visibles en de multiples endroits sur la Côte-Nord. Ces roches sont les témoins des grandes forces tectoniques et des conditions extrêmes de température et de pression qui ont régné dans les profondeurs de cette ancienne chaîne de montagnes. Suite à la formation de la Province de Grenville et du super-continent Rodinia vers 1 Ga, la grande masse continentale s'est disloquée entre 800 et 600 Ma pour donner naissance à l'océan Iapetus, dont nous retrouvons certains des vestiges dans les Appalaches. L'ouverture de l'océan Iapetus mènera à la formation des Basses Terres du Saint-Laurent par les grabens du Saint-Laurent et du détroit de Belles-Iles, et de sa plate-forme sédimentaire. Sur la Côte-Nord, les témoins de cette plate-forme sont visibles dans la région de Blanc Sablon avec ses formations rocheuses détritiques de la Formation de Brador et ses roches calcaires et dolomitiques de la Formation de Forteau. Ces dernières contiennent les célèbres récifs fossilifères d'Archéocyatidés de la partie inférieure du Cambrien supérieur. Les autres témoins d'importance se trouvent dans l'archipel de Mingan, avec les dolomies de la Formation de Romaine et les calcaires de la Formation de Mingan de l'Ordovicien moyen, et dans l'île d'Anticosti dont les assises rocheuses sont formées de formations calcaires de l'Ordovicien moyen au Silurien inférieur. Celles-ci sont particulièrement reconnues grâce à leurs formations rocheuses fossilifères (Brisebois et Brun, 1994).

La région de Sept-Îles a été le théâtre de la mise en place d'un des plus grands complexe igné lité au monde à l'Éocambrien, le complexe igné stratiforme de Sept-Îles (Higgins et van Breemen, 1998). Quelques phénomènes magmatiques spectaculaires affleurent sur la terre ferme ainsi que dans l'archipel témoignant de la complexité de la mise en place de ce grand volume de roches ignées (Cimon, 1998). La région de Manicouagan est marquée par une énorme cicatrice circulaire, mise en évidence par le remplissage du réservoir Manicouagan. Cette cicatrice est le résultat d'un impact causé par un bolide météoritique de 10 km de diamètre qui entra en collision avec la Terre voilà 210 millions d'années. L'île René-Levasseur contient plusieurs sites géologiques qui témoignent de la force de cet impact.

Enfin, nous ne pourrions pas passer sous silence les derniers événements ayant marqué significativement le paysage de la Côte-Nord : (1) la dernière grande glaciation, qui s'est terminée avec le retrait de l'inlandsis laurentien, il

y a de cela 12 000 ans; (2) le retrait de l'ancienne Mer de Goldwaith au niveau actuel du golfe du Saint-Laurent, voilà quelques milliers d'années (Hocq et Martineau, 1994). Le territoire de la Côte-Nord est parsemé de témoins du passage de la grande calotte glaciaire : stries, cannelures, fractures en croissant, till, eskers, drumlins et moraines. Après le retrait de la Mer de Goldwaith et sous les effets du gel et dégel, de l'action du vent et de celles des vagues, les formations calcaires de la Formation de Mingan ont donné naissance à plusieurs monolithes rocheux spectaculaires, dont la durée de vie sera tributaire du climat et du flux et reflux incessant des marées.

## LES SITES

Par ailleurs, avec sa diversité géologique, la Côte-Nord est aussi un territoire de chasse propice pour les collectionneurs de minéraux et de fossiles. Pour les minéraux, signalons par exemple les régions de Fermont, Johan-Beetz et Bergeronnes. Quant à l'île d'Anticosti, c'est un terrain privilégié pour les fossiles de l'Ordovicien supérieur et du Silurien inférieur.

Il n'y a pas que des minéraux et des fossiles, il y aussi une histoire minière intéressante sur cet immense territoire. Faisant le lien entre l'occupation du territoire et le patrimoine géologique, certains sites d'anciennes exploitations minières méritent d'être préservés afin de rappeler aux générations futures l'importance de l'industrie minière dans le développement économique de la Côte-Nord.

Voici donc quelques sites géologiques, minéralogiques et fossilifères qui méritent d'être désignés comme patrimoine géologique :

a) les sites déjà protégés parce qu'ils se trouvent dans un parc national fédéral, dans un parc national québécois ou dans une réserve écologique (voir figure 1) :

1. Les monolithes de l'archipel de Mingan et les sites fossilifères de la Formation de Mingan dans la réserve de parc national de l'Archipel de Mingan (planches 1a et 2b);

2. La pierre de lune de l'île Gull dans la réserve de parc national de l'Archipel de Mingan;

3. La chute et le canyon de la rivière Vauréal et les fossiles de l'île d'Anticosti dans le parc national québécois de la rivière Vauréal;

4. L'ancienne exploitation de calcite avec ses fours à chaux de la Grande Anse, près de Tadoussac dans le parc marin de Saguenay;

b) quelques propositions de sites qui ne sont pas protégés et qui méritent d'être désignés comme faisant partie du patrimoine géologique :

5. L'impact de Manicouagan – en particulier l'île René-Levasseur;

6. Le site du Petit-Havre de Matamec, avec ses gneiss mafiques et felsiques et ses pegmatites mylonitiques qui témoignent des forces tectoniques en jeu et des conditions extrêmes de température et de pression dans les profondeurs de la Province de Grenville;

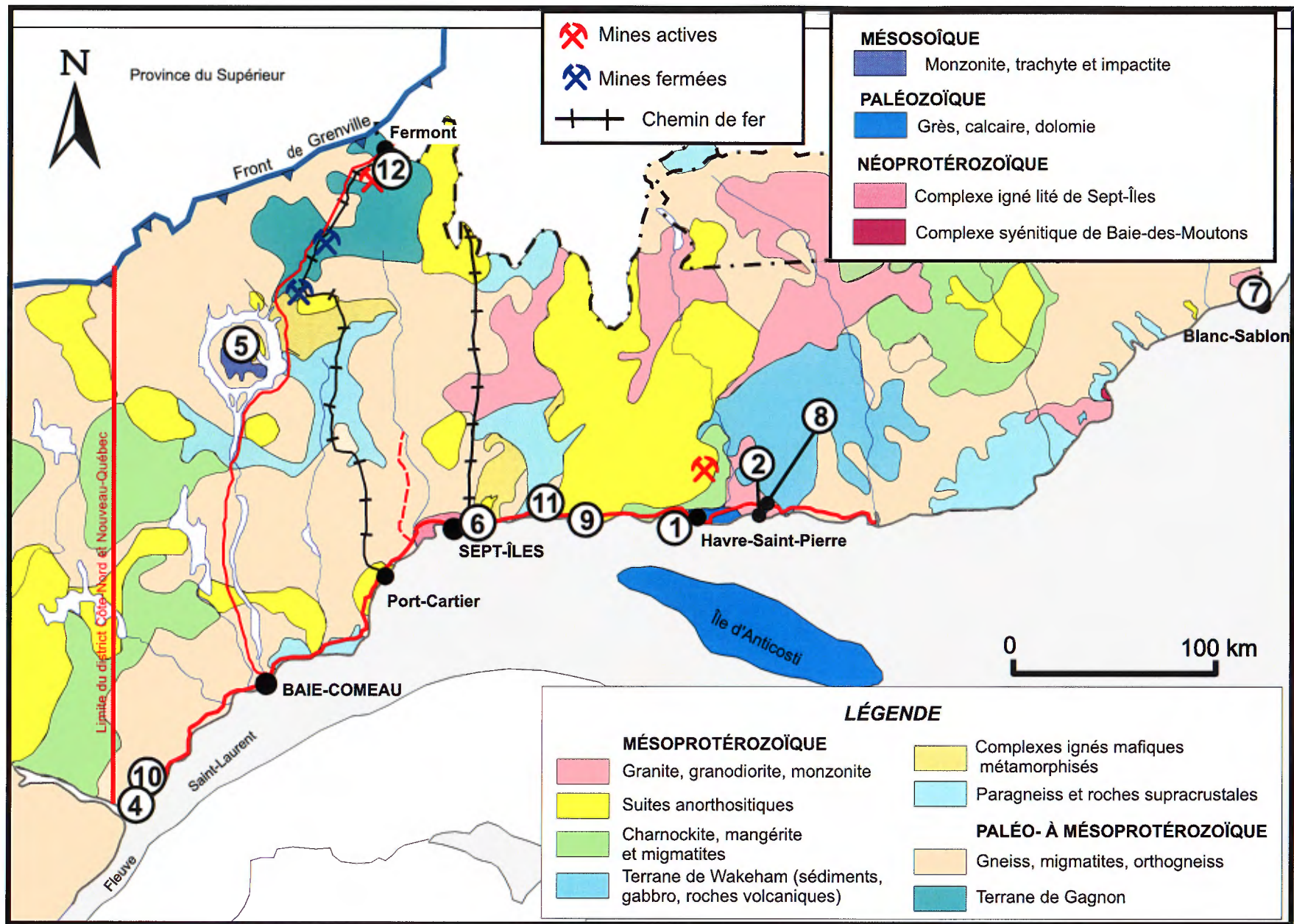
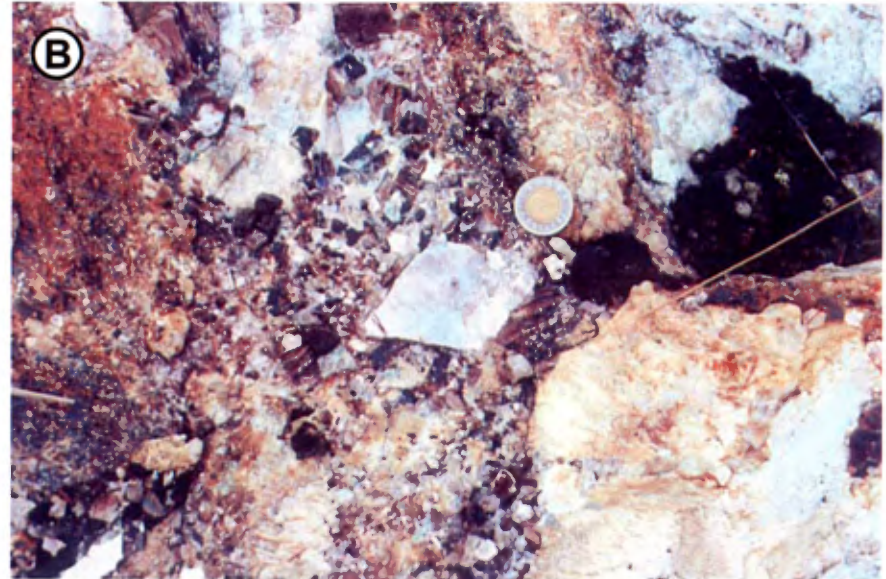


FIGURE 1 - Carte géologique de la Côte-Nord (Province géologique de Grenville) et localisation des sites énumérés dans le texte.



**PLANCHE 1** - A) Fossile de gastéropode de la Formation de Mingan, réserve de parc national de l'Archipel de Mingan. B) Feuillet de muscovite, de couleur rubis, provenant de l'ancienne mine du lac Castor, canton de Bergeronnes. C) Anneaux de Liesegang (anneaux de précipitation d'oxydes de fer associé à un front d'oxydoréduction) dans des gneiss quartzofeldspathique précambrien près de Brador. D) Cannelures glaciaires géantes de la rivière du Sault-Plat.



**PLANCHE 2** - A) Monolithe ayant l'aspect d'un visage dans un gneiss quartzofeldspathique précambrien près du village de Brador, Basse-Côte-Nord. B) Monolithe, la dame de Niapiskau, dans les calcaires de la Formation de Mingan, réserve de parc national de l'Archipel de Mingan. C) Exploitation artisanale du mica dans les années quarante à la mine Simard dans le canton de Bergeronnes (fonds d'archive photographique du MRN). D) Site de la mine Simard à l'été 2000.

7. Le monolithe taillé dans un gneiss quartzofeldspathique (planche 2a) et les anneaux de liesegangs (anneaux reliés à un phénomène d'oxydoréduction, planche 1c) près de Brador sur la Basse-Côte-Nord;

8. Les pegmatites à tourmaline et béryl de la région de Baie-Johan-Betz; certaines de ces pegmatites renferment des cristaux de tourmaline de plus de 30 cm de longueur;

9. La labradorite et les sables rouges et noirs (sables riches en grenat, magnétite et ilménite) de l'anse du Portage, près du village de Rivière-au-Tonnerre;

10. Le site de l'ancienne mine de mica Simard, située dans le canton de Bergeronnes (planches 1b, 2c et 2d);

11. Les cascades et cannelures glaciaires géantes de la rivière Sault-Plat (planche 1d);

12. La « mine des chinois » près de Fermont, un site minéralogique à gros cristaux de grunérite et d'hématite spéculaire, dans les formations de fer silicatées.

13. L'archipel de Sept-Îles, plusieurs sites dans l'archipel mettent en évidence la complexité des processus magmatiques qui se déroulent à l'intérieur d'un immense complexe igné lité tel que celui de Sept-Îles;

14. Le site du dépôt fossilifère de coquilles de la rivière aux Anglais, près de Baie-Comeau;

15. L'ancienne mine de fer Redmond, près de Schefferville, où des fragments de troncs d'arbres fossilisés et des feuilles fossiles dans des argillites du Crétacé supérieur, ont été trouvés dans cette exploitation à ciel ouvert.

Plusieurs autres sites mériteraient d'être cités, en plus de cette liste. Il appartiendra à un comité d'examiner cette première liste, et d'autres propositions qui pourront être faites.

### COMMENT SÉLECTIONNER LES SITES DU PATRIMOINE GÉOLOGIQUE

La sélection des sites et ceux qui seront retenus devront faire l'objet d'une analyse rigoureuse. Leur sélection devra tenir compte des besoins et des préoccupations de plusieurs intervenants dont ceux de l'industrie minière, des différents paliers gouvernementaux, du monde académique, de différents intervenants locaux, tels que les associations touristiques, les conseils régionaux d'environnement, les musées et autres organismes faisant la promotion des sciences naturelles sans oublier l'Ordre des géologues du Québec.

### LA SENSIBILISATION DU GRAND PUBLIC ET LA PROMOTION DU PATRIMOINE GÉOLOGIQUE

La désignation d'un site à caractère patrimoine géologique ne signifie pas que tout est terminé. Il faut le mettre en valeur et, sauf exception, dans le cas de préservation extrême, il doit servir à des fins éducatives ou touristiques. Les sites désignés comme patrimoine géologique peuvent ainsi être un important outil dans le développement touristique régional ou local.

Pour que le grand public et la communauté minière saisissent bien l'importance de la création de site du patrimoine géologique, il faut qu'une bonne campagne de sensibilisation accompagne le projet lorsqu'un site est choisi. Par exemple, la réalisation d'une brochure décrivant la géologie, la minéralogie, la paléontologie ou l'histoire minière du site, les critères retenus dans la sélection du site et une explication sur le pourquoi de sa sélection devrait être publiées pour chaque site retenu par le comité de sélection. Ce document pourra être repris par ceux qui voudront mettre le site en valeur à des fins de conservation ou touristique.

Un exemple d'activité de sensibilisation et de promotion d'un site, c'est d'organiser des sorties sur le terrain. Ainsi entre 1994 et 2000, la défunte Société des sciences naturelles de la Côte-Nord a organisé des excursions géologiques en divers endroits sur le territoire de la Moyenne-Côte-Nord (planche 2). Ces excursions organisées pour le grand public ont permis à diverses personnes de se familiariser avec la géologie de la Côte-Nord et d'admirer ces merveilles minéralogiques, fossilifères ainsi que les grands phénomènes géologiques.

Durant la même période, pendant la saison hivernale, des conférences sur le patrimoine géologique de la Côte-Nord ont été présentées en collaboration avec le Musée régional de la Côte-Nord. Ces genres d'initiative devront être encouragés dans le futur car elles représentent un excellent véhicule pour la sensibilisation et la promotion des sites géologiques exceptionnels.

### CONCLUSION

Le vaste territoire de la Côte-Nord renferme des trésors minéralogiques et fossilifères. Son évolution géologique sur plus de 2 milliards d'années fait en sorte que ce territoire est parsemé de phénomènes et de formations géologiques rares, voire dans certains cas uniques. Il est important de préserver certains de ces sites qui montrent les divers phénomènes liés à l'évolution géologique de la Côte-Nord et gravés dans ses roches. Il est important de les préserver et de les mettre en valeur au plan éducatif dès maintenant mais aussi pour les générations futures. Il en va de même pour les sites miniers, car certains ont joué un rôle important dans le développement économique de la Côte-Nord.

### RÉFÉRENCES

- BRISEBOIS, D. - BRUN, J., 1994 - La plate-forme du Saint-Laurent et les Appalaches. Dans *Géologie du Québec*. Les Publications du Québec, MM 94-01, pages 95 - 120.
- CIMON, J., 1998 - Le Complexe de Sept-Îles : magmatisme, différenciation et considérations économiques. Association géologique du Canada - Association minéralogique du Canada, Réunion annuelle, Québec 1998, Guide d'excursion A3, 39 pages.

- 
- GOWER, C.F. - KROGH, T.E., 2002 - A U-Pb geochronological review of the Proterozoic history of the eastern Grenville Province. *Revue canadienne des sciences de la Terre*, vol. 39, pages 795 – 829.
- HIGGINS, M. - VAN BREEMEN, O., 1998 - The age of the Sept-Iles layered mafic intrusion, Canada : Implications for the Late Neoproterozoic/Cambrian history of southeastern Canada. *The Journal of Geology*, volume 106, pages 421 – 431.
- HOCQ, M. - MARTINEAU, G., 1994 - Le quaternaire. Dans *Géologie du Québec. Les Publications du Québec*, MM 94-01, pages 121 – 128.
- PERREAULT, S. ET HEAMAN, L., 2001 - The 974 Ma Vieux-Fort Anorthosite, Lower North Shore, Quebec : the youngest anorthosite of the Grenville Province. *Association géologique du Canada – Association minéralogique du Canada, Programmes et résumés*, volume 26, A-115.



## MISE EN VALEUR DE QUELQUES SITES GÉOLOGIQUES DANS LA RÉGION MONTRÉALAISE

**Gilbert Prichonnet**

*Université du Québec à Montréal*

On associe souvent l'histoire de la Terre aux chaînes de montagnes, aux grands sites majestueux, tels que les grands canyons ou encore les falaises du bord des océans. Or, la grande région montréalaise offre peu de reliefs, à l'exception des collines montréalaises, mises en place au Crétacé inférieur dans les profondeurs de la Terre, et les collines d'Oka et de Rigaud, petits massifs du Précambrien (tableau 1 : Histoire de la Terre; Prichonnet et Daigneault, 1994).

De plus, les dépôts meubles du Quaternaire récent recouvrent d'un tapis presque continu les couches de roches du Paléozoïque inférieur, qui forment le substrat solide des basses terres. Enfin, la végétation envahit rapidement le moindre affleurement\* rocheux.

Est-ce à dire que la grande région montréalaise, la plus peuplée du Québec et la deuxième métropole du Canada, offre peu de curiosités sur le plan géologique?

Les enseignants de géologie et les amateurs de fossiles, en particulier, savent bien qu'il existe de nombreux points d'intérêt pour observer des phénomènes géologiques, depuis les plus anciens des temps précambriens jusqu'à ceux qui ont façonné notre planète, au cours des derniers milliers d'années. Mais le grand public a-t-il la chance de pouvoir s'intéresser à l'histoire de notre planète, autrement qu'en posant la question « Le mont Royal est-il un ancien volcan? »

### UNE TRÈS LONGUE HISTOIRE EN QUATRE ÉTAPES MAJEURES

En incluant la proche région de Montréal, et en considérant les principales îles qui participent à l'agglomération (Montréal, Jésus, Perrot, Bizard, de Boucherville, Sainte-Hélène...), l'observateur curieux trouvera des témoins des quatre étapes géologiques, responsables des paysages actuels (Tableau 1; Adams, 1903; Clark, 1972; Elson, 1969; Globensky, 1987; Brown-MacPherson, 1967; Prichonnet *et al.*, 1987) :

1- À l'ouest, les collines d'Oka et de Rigaud représentent des massifs avancés de l'immense plateau des Laurentides. Elles en sont séparées, en surface, par des roches et dépôts plus jeunes. Elles appartiennent à la période la plus ancienne de notre planète, le Précambrien, soit environ un milliard d'années dans ce cas;

2- Un peu partout, dans les petits reliefs résiduels et le long des cours d'eau, des affleurements rocheux de l'Ère Paléozoïque, souvent modestes, exposent des grès et des calcaires d'un ancien océan : il s'agit alors des périodes du Cambrien et de l'Ordovicien, il y a environ 550 à 430 millions d'années;

3- Le mont Royal et les autres collines montréalaises\* toutes proches à l'est (Saint-Bruno, Saint-Hilaire...) constituent les parties les plus proéminentes d'un réseau d'intrusions magmatiques, vieilles de plus de 100 millions d'années (de 100 à 140 environ, selon les auteurs consultés). L'événement est daté du Crétacé inférieur;

4- Enfin, des dépôts meubles, d'origines diverses, forment la surface des terres et reposent en discordance sur les roches beaucoup plus anciennes. Ils représentent l'enregistrement, parfois discontinu, de la dernière glaciation et de la *Mer de Champlain*. En bref, il s'agit là d'événements vraiment récents, en comparaison avec les précédents, puisqu'on estime à environ moins 40 000 ans la dernière grande avancée glaciaire sur le pays; quant à la Mer de Champlain, elle a recouvert les Basses-Terres du Saint-Laurent entre moins 12 000 et moins 9 500 ans. Les sédiments meubles récents sont donc ceux qui sont mis à jour le plus souvent par les excavations et les travaux d'aménagement, avant d'atteindre le substrat rocheux.

### QUELQUES SITES PROTÉGÉS À VISITER

Dans cette introduction sur le potentiel culturel géologique de la région, il sera fait mention de trois sites protégés, où le public pourra satisfaire sa curiosité. Dans ces parcs, qui relèvent d'autorités municipales ou provinciale pour l'un d'entre eux, on pourra observer des roches et des paysages et recueillir parfois de la documentation, illustrant l'histoire géologique ancienne et récente du sud du Québec.

#### À tout seigneur tout honneur : le mont Royal

Le mont Royal occupe une place privilégiée dans la vie de nombreux montréalais et il fait partie du circuit obligé des visiteurs étrangers, du moins lorsque le temps pluvieux ne le dérobe pas à nos yeux. Une partie est incluse dans le parc du même nom.

Le cœur du mont est formé de roches magmatiques cristallines, principalement des gabbros\* sombres. Il

\* Mots définis au glossaire à la fin de cet article.

LES TEMPS GÉOLOGIQUES				ÉVOLUTION DE LA VIE	ÉVOLUTION DES PAYSAGES
Ère	Période	Époque	Âge en millions d'années		
CENOZOÏQUE	Quaternaire	Holocène	(10 000 ans)	Disparition des mammoths	Le paysage actuel  La mer de Champlain sur les basses terres du Saint-Laurent  Les grandes glaciations sur le Canada, le nord des États-Unis, l'Europe, etc.
		Pléistocène			
	Néogène	Pliocène	1.6	Apparition de l'Homme	
		Miocène	5	Apparition des grands singes RÈGNE DES MAMMIFÈRES ET DES OISEAUX	
	Paleogène	Oligocène	25	Apparition des primates	
		Éocène	37		
		Paléocène	55		
	MESOZOÏQUE	Crétacé		65	
			135	RÈGNE DES DINOSAURES ET DES REPTILES MARINS	
Jurassique		205	Grande extinction des êtres marins		
Trias		225			
PALEOZOÏQUE	Permien		280	Les grandes accumulations de plantes terrestres (futurs gisements de charbon) RÈGNE DES AMPHIBIENS	Derniers plissements appalachiens   Suite de la formation des Appalaches  Début de la formation des Appalaches  Invasion marine ou transgression sur le Québec et l'est du continent
	Carbonifère	• Pennsylvanien • Mississippien	345		
	Dévonien		400	RÈGNE DES INVERTEBRÉS MARINS (trilobites, brachiopodes, mollusques, coraux)	
	Silurien		430	Premières plantes terrestres	
	Ordovicien		500	Apparition et diversification des invertébrés	
	Cambrien		545		
	PRÉCAMBRIENNE	Protérozoïque		1000	
			2500		
Archéozoïque (Archéen)			3900	Premiers fossiles (cellules)	Premières roches sédimentaires Naissance de la planète Terre
			4600		

TABLEAU 1 - Histoire de la Terre (Prichonnet et Daigneault, 1994, p. 26-27).

représente une cheminée de magma\*, refroidi dans les entrailles de la terre, d'où la taille de ses cristaux centimétriques. Ceux-ci brillent au soleil lorsqu'on fait pivoter un débris de roche ramassé au pied des abrupts naturels ou des murs de pierre taillés pour quelque aménagement. Adams (1903) a désigné l'ensemble des intrusions de même nature pétrographique que les roches de ce mont, *les collines montérégiennes*. L'une d'elle, le mont Saint-Hilaire, est célèbre pour les nombreux minéraux rares que l'on trouve dans une carrière, en périphérie.

Le magma qui s'est infiltré dans l'écorce terrestre, il y a plus de 100 millions d'années, est donc contemporain de l'une des périodes géologiques qui virent l'apogée des Dinosaures (tableau 1). Mais hélas, aucune chance de trouver des ossements pétrifiés ou des oeufs fossiles de ces fameux lézards terribles! En effet, à l'époque, les points les plus hauts du mont Royal actuel représentaient des horizons qui étaient situés au moins à deux kilomètres sous terre, lors de la montée du magma. Les roches que nous observons aujourd'hui dans le parc lui-même et dans l'entaille routière du Chemin Camillien Houde, par exemple, n'auraient pu, bien sûr, fossiliser des restes de vivants qui s'activaient bien au-dessus de la surface terrestre actuelle. Et d'ailleurs, le magma aurait fait fondre tout reste d'animal ou de plante. S'il a existé un volcan et de la lave, qui, elle, aurait pu préserver des témoins de l'époque, ce fut dans un paysage aujourd'hui disparu.

Mais cette intrusion de magma est un témoin privilégié d'une activité de l'écorce terrestre particulièrement intéressante. Qu'il s'agisse d'une manifestation de ce que l'on nomme un point chaud (du magma monte à travers l'écorce durant la migration des plaques tectoniques), ou d'une ouverture de cette écorce sous l'effet des contraintes gigantesques provoquées par l'accélération de l'ouverture de l'océan Atlantique, elle nous démontre la fragilité de cette croûte rocheuse sur laquelle nous évoluons et construisons nos grattes-ciel! Une fracture un peu plus large que les autres, et voilà que le magma en fusion en profite pour tenter de s'échapper : son état visqueux et sa densité réduite à cause de sa température le rendent hautement mobile. Ceux qui ont vu des images d'un volcan en activité ont certainement été impressionnés par cette puissance de la roche en fusion.

Cette intrusion a eu des conséquences majeures : elle a causé le réchauffement et la dislocation des roches encaissantes, dans lesquelles le magma s'est faufilé. Plusieurs curiosités sont ainsi offertes à l'observateur, en périphérie de « la montagne » :

(a) des compartiments de roches sédimentaires, beaucoup plus anciennes, sont basculés tout autour du corps magmatique. Ces roches stratifiées, en petites couches de quelques centimètres d'épaisseur, contiennent une multitude de débris fossiles\*, restes d'animaux aujourd'hui disparus, tout comme l'océan dans lequel ils vivaient, et que l'on a nommé l'*Océan Iapetus*. La teneur en argile de ces calcaires généralement gris les rend parfois assez sombres;

(b) la chaleur, engendrée par le refroidissement du magma qui cristallisait, a littéralement cuit les bordures de la cheminée : les calcaires\* sont alors métamorphosés\* et transformés en marbre dur et cassant, tandis que les horizons plus argileux, les shales\* et les siltstones sont devenus des cornéennes\* (montée est du Chemin Camillien Houde);

(c) le magma fluide s'est infiltré un peu partout dans les plans de faiblesse des roches, soit dans les fractures verticales (appelées diaclases) et entre les strates qui étaient horizontales. Le phénomène a donc créé des essaims de dykes, filons verticaux et obliques, et des filons-couches, presque horizontaux, autour de l'intrusion principale : ils sont de couleur sombre. En fait, ces filons, très nombreux à proximité des montérégiennes, se sont répandus loin dans les roches du Paléozoïque : on en connaît de plusieurs mètres d'épaisseur dans les carrières de L'Épiphanie et de Sainte-Julie. À L'Épiphanie, ils ont refroidi en colonnes, comme les laves basaltiques;

(d) Parfois, le magma a digéré les roches encaissantes; des gaz, véhiculés dans la pâte rocheuse en fusion et en explosant, ont même fracturé les roches. On observe alors des brèches faites de débris rocheux arrondis ou anguleux, entourés d'une matrice de petits cristaux). Il existe une grande variété de ces brèches, tant au mont Royal qu'en de nombreux sites à de grandes distances, particulièrement vers le secteur ouest de la grande région montréalaise (Westmount, Chomedey, Île Bizard...).

Tous ces phénomènes peuvent s'observer au détour d'un sentier, dans le parc lui-même, et sur les parois abruptes en bordure des rues qui ceignent ou traversent le mont Royal et la colline de Westmount. Sur les campus de l'Université de Montréal et de l'École Polytechnique, d'autres exemples de ces témoins du passé sont visibles. Mais partout la prudence est de rigueur, car un bloc rocheux peut se détacher, sous l'effet combiné d'une vibration et de la gravité.

Le promeneur pourra aussi observer, sur les parois rocheuses du Chemin Camillien Houde, en face du cimetière, des phénomènes d'altération du gabbro, en forme de boules, et des multitudes de filons secondaires magmatiques : ceux-ci ont recoupé l'intrusion principale, au cours des milliers ou des millions (?) d'années qu'a duré l'accident géologique lui-même. Sur l'avenue Cedar, en face de l'Hôpital Général de Montréal, c'est l'effritement des roches calcaires, en petits débris anguleux, qui témoigne du travail inlassable des agents d'altération et d'érosion (ici, la désagrégation mécanique) pour réduire les plus fières montagnes en poussière (Prichonnet, 1999).

Notons enfin que le mont Royal offre des vues splendides sur les paysages géologiques environnants : les autres collines montérégiennes, vers l'est; les Appalaches, vers le sud-est; les Adirondack, vers le sud-ouest; et les collines d'Oka et les Laurentides, respectivement vers le nord-ouest et le nord.

Le site du Parc du Mont-Royal est bien protégé. On ne peut que souhaiter une conservation accrue des façades

rocheuses périphériques, et une mise en valeur des nombreux phénomènes que la nature a mis en place au cours des millions d'années de l'histoire de la Terre. Et, lorsque les travaux humains mettent à jour un phénomène intéressant, pourquoi ne pas en profiter pour enrichir notre patrimoine géologique?

### Le Centre de la Nature, Ville de Laval

Une ancienne carrière désaffectée, sur l'île Jésus, à Saint-Vincent-de-Paul, a été transformée en parc récréatif et éducatif. Outre un arboretum, une ferme et un observatoire astronomique, une *Promenade géologique* (Prichonnet, 1971) est proposée au grand public. Grâce à 12 arrêts, l'observateur, muni du dépliant, pourra s'initier à quelques phénomènes géologiques représentant une partie de l'histoire de l'Ordovicien (tableau 1; Hofmann, 1972).

Cette histoire est inscrite dans les centaines de couches de calcaire fossilifère que les parois de l'ancienne exploitation exposent encore : des débris coquilliers fossiles de bivalves, ou Lamellibranches\*, de Brachiopodes, et des morceaux de Coraux y témoignent de l'existence de l'*Océan Iapetus*, il y a quelque 500 millions d'années. Cette mer, qualifiée parfois de proto-Atlantique, se situait sous des climats plus cléments que celui de nos hivers rigoureux (sites 1, 4, 6, 7).

Deux sites particuliers attireront le visiteur curieux : à l'arrêt 3, le mur vertical de roches stratifiées est traversé par un filon vertical (dyke) de diabase, de couleur rouille et de plus de deux mètres d'épaisseur. L'intrusion, on s'en doute, est associée aux montées magmatiques du mont Royal. De plus, une petite faille\* à fort angle décale de plus d'un mètre les couches calcaires sur sa gauche : on peut facilement imaginer les forces gigantesques qui ébranlent et disloquent notre radeau mouvant (le continent) lors des tremblements de terre; à l'arrêt 7, le magma s'est au contraire infiltré horizontalement, sur près de 3 mètres d'épaisseur, entre les couches calcaires de compositions et d'âges différents. Des chercheurs ont identifié dans cette intrusion 15 événements successifs!

Le Centre de la Nature est un site protégé. Des escaliers majestueux en bois permettent d'y gravir en quelques minutes l'échelle des temps, représentée par les couches successives des anciennes parois de la carrière, qui représentent des millions d'années de l'histoire de notre planète. Mais ces parois verticales ne sont pas immuables. En 30 ans, le temps a déjà fait son oeuvre : des effondrements ont eu lieu, et d'autres se préparent. La protection du public demande de la concertation entre les services de sécurité, les aménagistes et les scientifiques pour préserver ce site unique en son genre et fort intéressant pour les éducateurs et le public.

### Le Parc du Mont Saint-Bruno

Le mont Saint-Bruno est la première colline montérégienne formant relief, 20 kilomètres à l'est de Montréal.

On accède facilement au parc par les autoroutes 10, 20 et 30 (entrée par le Rang des Vingt-Cinq). Une bonne partie du relief est maintenant protégée par ce parc provincial.

Un guide d'interprétation géologique permet la découverte de 19 arrêts, répartis le long des sentiers (Prichonnet et Daigneault, 1994). Une vitrine sur l'*Histoire des Paysages*, exposée dans l'un des bâtiments du parc, explique les grandes étapes de l'évolution de la région, telle que décrite en introduction de ce document.

Le lecteur et le promeneur trouveront là des informations sur plusieurs thèmes, grâce aux sites aménagés et reconnaissables au dessin d'un petit marteau :

- l'histoire des roches sédimentaires du Paléozoïque (arrêts 4 et 16);
- le passage des glaciers et leur travail de sculpteur sur les roches les plus dures (arrêts 4 et 9), ou comme agents de transport, capables de déplacer d'énormes blocs sur de grandes distances (arrêts 2 et 6);
- l'histoire de la Mer de Champlain, qui a recouvert les Basses-Terres (voir l'introduction du livret-guide offert à la réception), ennoyant entièrement le mont; celle de ses vagues puissantes qui ont remanié les matériaux meubles sur les pentes du relief, à mesure que les eaux se retiraient (arrêts 1, 3, 5, 17 et 19) : des dizaines de terrasses et de cordons littoraux encerclent ainsi les pentes intérieures et externes du relief (figure 1). Cette mer arctique éphémère a laissé quelques traces de fossiles (arrêt 12), que malheureusement les pluies acides tendent à faire disparaître un peu plus vite que la dissolution naturelle ne le ferait.

L'une des particularités du parc est d'offrir quelques panneaux explicatifs, installés durant la belle saison, sur l'environnement biologique actuel. L'un d'eux, au lac des Atocas permet de se familiariser avec les milieux de tourbière contemporains, mais qui font suite à une longue et lente accumulation de matière organique. Ainsi, à l'arrêt 13, le visiteur pourra combiner données biologiques et géologiques, pour comprendre comment 8 mètres de dépôts organo-détritiques et de végétaux ont enregistré 10 000 ans d'histoire depuis la fin de la Mer de Champlain (figure 2; Gauthier, 1981; Richard, 1978).

Pour en savoir plus sur les roches intrusives du mont Saint-Bruno, consulter Philpotts (1976). Pour plus d'informations sur le passage des glaciers, les incidences de la Mer de Champlain sur la région et l'évolution des plans d'eau post-champlainiens qui ont recouvert les basses terres, on pourra consulter des documents spécialisés (ex. : Brown-MacPherson, 1967; Elson, 1969; Hillaire-Marcel, 1979; Occhiotti, 1979; Prest, et Hode-Keyser, 1977; Prichonnet, 1977; Prichonnet et al., 1987). Ainsi, avec les chercheurs, chacun pourra reconstituer l'évolution des paysages anciens et des climats qui ont affecté notre région récemment. Ce sera une bonne introduction aux débats actuels sur les changements climatiques, dont nos sociétés commencent à se préoccuper.

### EN CONCLUSION : DES SITES À PROTÉGER ET À METTRE EN VALEUR

La région de Montréal et les zones environnantes offrent quelques beaux exemples d’affleurements rocheux et des points de vue qui, sans contexte, méritent d’être protégés, mis en valeur et intégrés dans des circuits géotouristiques. Ils pourront aussi servir aux éducateurs qui veulent promouvoir et améliorer les connaissances dans le domaine des sciences de la Terre. Comment, en effet, pourrait-on

mieux faire percevoir l’importance de bien utiliser notre environnement et de le protéger, si ce n’est en faisant découvrir les archives de notre passé lointain, ou de celui, plus récent, auquel nous devons les formes du relief actuel?

Mentionnons qu’il existe encore d’autres carrières anciennes à mettre en valeur. Elles peuvent être situées dans des parcs publics ou privés : Île Sainte-Hélène, golf de Pointe-Claire, parc municipal de l’île Bizard... D’autres affleurements rocheux naturels, le long des rivières principales ou secondaires, sont souvent envahis par la végétation, ce qui est un moindre mal, mais parfois éliminés au profit d’installations humaines, sans doute légitimes mais malheureusement destructrices d’une information précieuse sur le passé de la région.

On ne peut que souhaiter un consensus harmonieux entre particuliers, scientifiques et pouvoirs publics pour conserver le plus possible les preuves de notre patrimoine géologique. Mieux le connaître ne nous permettra-t-il pas de mieux l’utiliser?

### RÉFÉRENCES

#### Quelques références spécialisées

ADAMS, F.-D., 1903 - The Montegian Hills; a canadian petrographic province. Jour. of Geol., 11, p. 239-282.

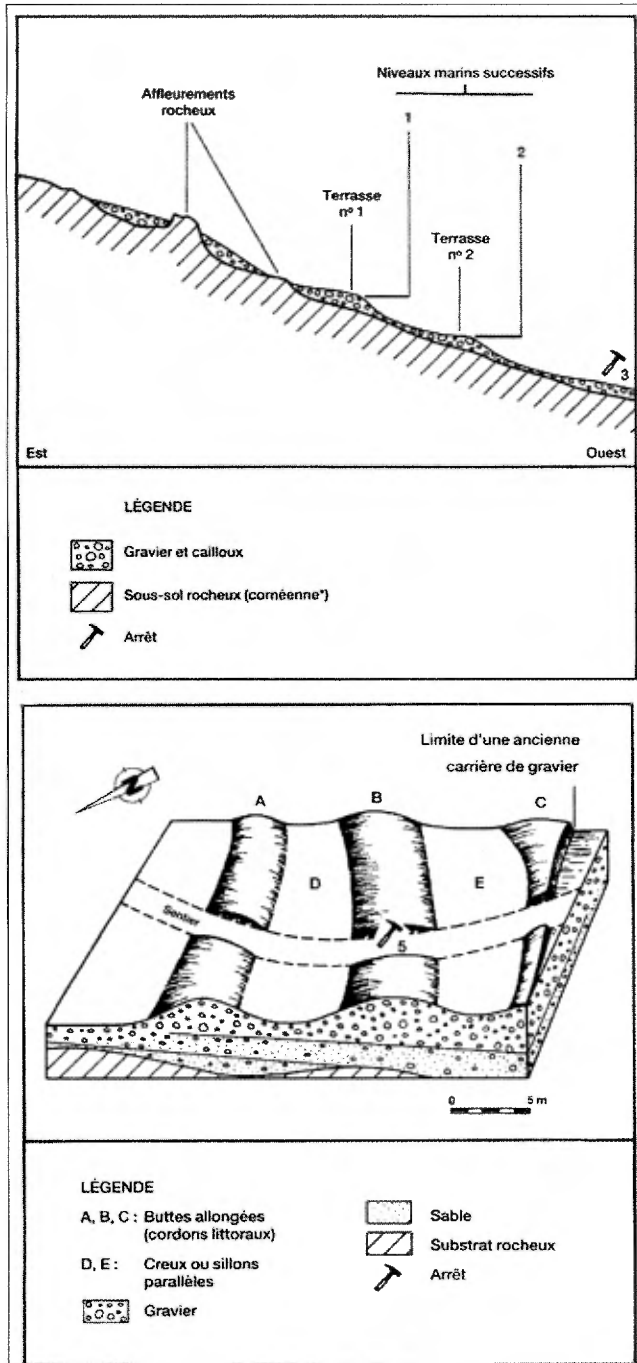


FIGURE 1- Terrasses marines (arrêt 3) et cordons littoraux (arrêt 5) (Prichonnet et Daigneault, 1994, p. 10 et 14).

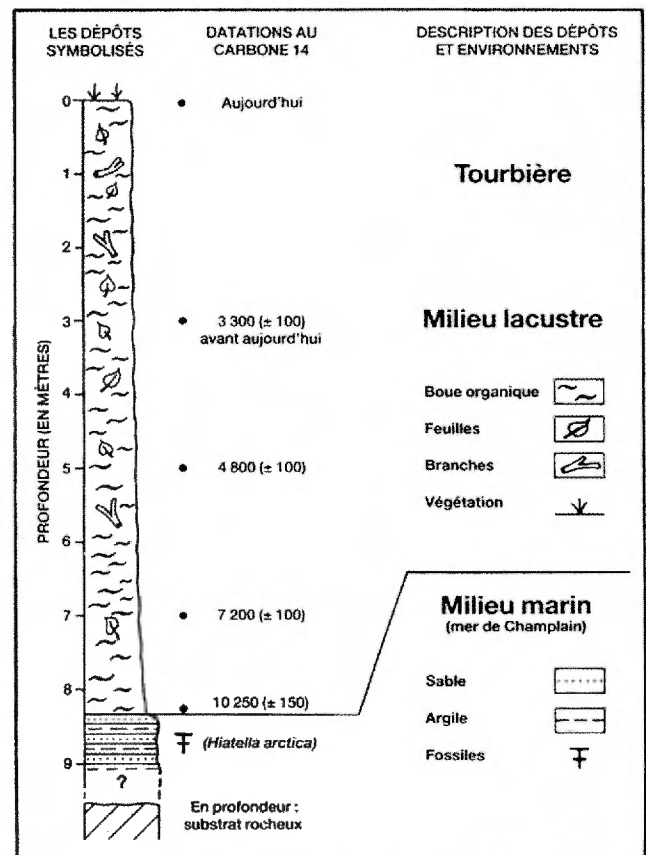


FIGURE 2- Plus de 10 000 ans d’histoire (Prichonnet et Daigneault, 1994, p. 32).

- BROWN-MACPHERSON, J., 1967 - Raised shorelines and drainage evolution in the Montreal Lowland. Cah. Géogr. Qué., No. 23, p. 343-360.
- CLARK, T.H., 1972 - Région de Montréal; Ministère des Ressources Naturelles, Québec; Rapport géologique 152, 244 p.
- ELSON, J. A., 1969 - Late Quaternary marine submergence of Québec. Revue de Géographie de Montréal, vo. 23, p. 247-258.
- GAUTHIER, R., 1981 - Histoire de la colonisation végétale post-glaciaire des Montérégiennes : deux sites du mont Saint-Bruno, Univ. de Montréal, mém. de M.Sc., 107 p.
- GLOBENSKY, Y., 1987 - Géologie des Basses-Terres du Saint-Laurent. MM85-02. Ministère des Ressources Naturelles.
- HILLAIRE-MARCEL, C., 1979 - Les mers post-glaciaires du Québec : quelques aspects. Thèse de Doctorat d'État, Univ. Pierre-et-Marie-Curie, Paris, 293p., 2 volumes.
- HOFMANN, H.J., 1972 - Stratigraphie de la région de Montréal-Excursion B-03. Congrès géol. int., 24ème session. Ed. : R. Darling, 34 p.
- OCCHIETTI, S., 1979 - Le Quaternaire de la région de Trois-Rivières-Shawinigan, Québec. Contribution à la paléogéographie de la vallée moyenne du St-Laurent et corrélations stratigraphiques. Thèse de Ph.D., Univ. d'Ottawa, 408 p.
- PHILPOTTS, A.R., 1976 - Pétrographie des monts Saint-Bruno et Rougemont. Ministère des Ressources Naturelles, E.S. 16, 106 p., 2 cartes.
- PREST, V.K. ET HODE-KEYSER, J., 1977 - Geology and engineering characteristics of surficial deposits, Montreal Island and vicinity, Québec. Geol. Surv. Canada, paper 75-27, 29 p.
- PRICHONNET, G., 1977 - La déglaciation de la vallée du Saint-Laurent et l'invasion marine contemporaine. Géographie physique et Quaternaire, vol. 31, p. 323-345.
- PRICHONNET, G., DURAND, M., ELSON, J.A., GAGNON, P., SCHROEDER, J., ET VEILLETTE, J., 1987 - Glaciations et déglaciations du Wisconsinien, dans le sud du Québec (Région de Montréal), XII ième congrès de l'INQUA. Exc. A7-C7, 50 p.
- RICHARD, P., 1978 - Histoire tardiglaciaire et post-glaciaire de la végétation au mont Shefford, Québec. Géographie physique et Quaternaire, vol. 32, p. 81-93.

### Documents de vulgarisation

- PRICHONNET, G., 1971 - Promenade géologique. Centre de la Nature. Laval. Dépliant.
- PRICHONNET, G., 1999 - Le mont Royal. Retour au temps des Dinosaures. GEOTERAP et École Royal West Academy, 12 p.
- PRICHONNET, G., ET DAIGNEAULT, R.-A., 1994 - Le Sentier de la Terre. Guide d'interprétation géologique. Parc du Mont Saint-Bruno, Québec. Ministère de l'Environnement et de la Faune, Montréal, 51 p.

### GLOSSAIRE

**Affleurement rocheux** : masse de roche, de taille variable, permettant d'observer les roches anciennes, généralement cachées sous les sols et les dépôts meubles récents.

**Appalaches** : chaîne de montagnes de plus de 4 000 kilomètres de longueur, s'étendant entre Terre-Neuve et l'Alabama. Âgée d'au moins 225 millions d'années.

**Calcaire** : roche composée de débris de fossiles\* ou de boue très fine, riche en calcite. Les fossiles y témoignent des formes de vie disparues. C'est une roche sédimentaire. Métamorphisé\*, il se transforme en marbre : c'est alors une roche métamorphique.

**Cornéenne** : roche de type shale\*, traversée par une montée de magma\*, qui a subi en conséquence une élévation de température et de pression. C'est une roche métamorphique.

**Faille** : cassure qui sépare, en les déplaçant, des ensembles de roches ou de sédiments.

**Fossiles** : restes, empreintes, moulages de plantes ou d'animaux, préservés principalement dans les dépôts sédimentaires. Ils servent à évaluer l'âge des sédiments et des roches.

**Gabbro** : roche magmatique, cristallisée, de couleur vert-noirâtre. Constituant majeur des roches des Montérégiennes\*. C'est une roche ignée.

**Lamelibranche** : mollusque protégé par une coquille calcaire\* formée de deux valves, parfois symétriques (exemple : moule bleue comestible).

**Magma** : masse pâteuse à haute température (au moins 600 °C), provenant des profondeurs de la Terre. Exemple : lave des volcans.

**Métamorphisé** : transformé sous l'effet de la pression et de la température. Le métamorphisme entraîne la recristallisation des minéraux.

**Montérégiennes** : les collines montérégiennes sont des colonnes de roches intrusives, d'origine profonde. Le magma silicaté (composé de silice\*, associée à des bases) a refroidi lentement, pour donner des roches faites de cristaux noirs (pyroxènes...) et clairs (feldspaths...).

**Shale** (aussi appelé schiste argileux) : ancienne boue consolidée, faite de fines particules détritiques (argile et silt). C'est une roche sédimentaire,

**Silice** : composé chimique (SiO<sub>2</sub>) le plus abondant de la croûte terrestre et contenant du silicium (Si). Le quartz en est le minéral le plus commun.

## LES CAVERNES : UN PATRIMOINE GRAVÉ PAR LE TEMPS

Jacques Schroeder

Université du Québec à Montréal

La géologie est fascinante parce qu'elle permet de découvrir mieux que toute autre science l'oeuvre du temps. En effet celui-ci, tel un sculpteur, travaille les matériaux de l'écorce terrestre qu'il amasse ici, déforme, casse et déplace ailleurs, cuit littéralement là-bas... Le géologue parvient à lire et à comprendre ces actions en étudiant roches et dépôts, ces archives naturelles qui témoignent de leur histoire. Mais le temps a aussi inscrit sa marque à la surface même de la terre par le biais de creux, de vides. Qu'il s'agisse des cratères d'impact de météorites creusés en quelques millisecondes (Bouchard *et al.*, 1989) ou des océans qui sont en fait d'immenses déchirures de l'écorce terrestre s'ouvrant durant des centaines de millions d'années, il existe toute une gamme de formes à la surface de la Terre qui sont les cicatrices du temps qui passe. Associées ou non à des dépôts, elles attestent aussi à leur manière d'une histoire révolue qu'il est possible de décoder.

### LES CAVERNES DANS LA FLÈCHE DU TEMPS

Les cavernes, ces vides naturels au coeur même de la roche, font partie de ces marques. Aussi, lorsque nous les explorons, et avant même d'y étudier ce qu'elles contiennent, faut-il les analyser comme des formes en creux qui ont grugé littéralement les archives habituelles du géologue pour y inscrire une autre histoire, celle qui se déroule au-dessus des cavernes : l'histoire locale du paysage. Ce paysage résulte du travail, entre autres, de l'eau, du vent, de la pesanteur et par exemple des glaciers, sur les roches de l'écorce terrestre. Ce qu'on réalise moins bien, c'est que les roches sous la « surface-paysage » peuvent subir les contrecoups de ce travail. Si bien qu'à partir de réseaux de fractures, une partie de l'énergie contribuant au façonnement du paysage se transfère au coeur même de la roche et y produit des vides naturels : les cavernes, du moins leur très grande majorité. Quand aux fractures, elles témoignent de l'histoire longue de la roche autant que de sa décomposition à proximité de la surface ou de la présence de lits moins résistants, poreux ou solubles.

Une fois apparus au coeur même des roches, ces espaces souterrains commencent une seconde vie. Ils deviennent des pièges : les eaux de surface s'infiltrant par les fissures vont y précipiter des concrétions aux formes infiniment variées; d'autres eaux, en circulant dans les cavernes comme dans des conduites forcées ou des égouts, vont y déposer des sédiments venus de l'extérieur; des chaos de débris vont apparaître à la suite d'effondrements des voûtes; des

animaux vont y vivre... et y mourir; des humains vont y peindre des fresques étonnantes...

Peu à peu, les espaces vides des cavernes se remplissent donc, et leur contenu livre aux chercheurs une chronique différente de l'histoire de la roche où elles se situent, souvent plus riche d'informations que n'en donne le paysage à l'aplomb!

Bref, en visitant une caverne, on découvre trois variétés du temps : le temps qui a façonné les roches qui la contiennent, le temps qui a créé le paysage à son aplomb et celui qui nous rattache au présent. Observées de cette manière, les cavernes témoignent dès lors d'événements souvent mal perçus, voire cachés dans les plis du temps, c'est ce qui rend aussi la spéléologie fascinante.

Plus de 300 cavernes ont été répertoriées au Québec depuis une trentaine d'années. Leur longueur varie de quelques mètres à plusieurs kilomètres (Beaupré et Caron, 1986; *Québec Science*, juillet-août 1996, cahier supplément). Leur découverte résulte évidemment de l'acharnement des spéléologues qui prospectent et explorent les dépressions fermées, les vallons secs, les pertes et résurgences des cours d'eau – ce qui inclut des explorations en scaphandre autonome – mais aussi profitent de rencontres fortuites avec des vides souterrains lors du creusement de fondations et d'ouvrages d'art, ou encore à la suite du recul d'un front de carrière. Cependant, pour apprécier adéquatement le patrimoine que constituent ces cavernes, il faut d'abord dépasser le concept simplificateur selon lequel les cavernes ne sont que le résultat de la dissolution de roches solubles par l'eau. Non pas que cela soit faux, mais comme on va le voir, se limiter à une telle présupposition empêche tout autant les spécialistes du milieu naturel que les amateurs de spéléologie de découvrir et d'apprécier la diversité des cavernes distribuées sur la quasi-totalité du territoire québécois. Pour un survol rapide des multiples origines des cavernes de par le monde, on peut consulter Schroeder (2000, p. 105-110), ou se référer au livre de Ford et Williams (1989).

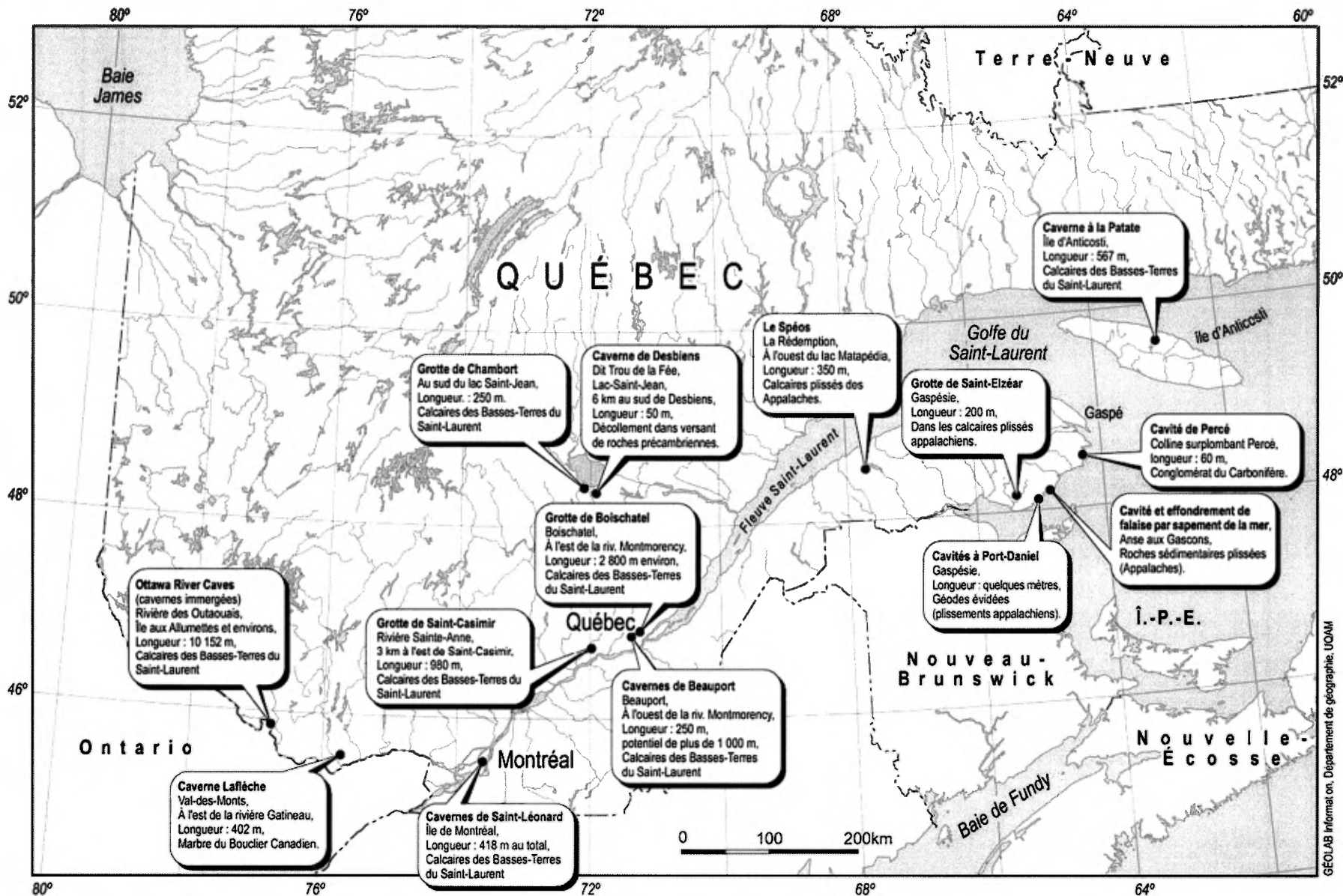
### LA DIVERSITÉ DES CAVERNES DU QUÉBEC

La diversité des cavernes québécoises peut être mise en évidence en regroupant celles-ci en fonction des facteurs responsables de leur apparition au sein de la roche. Ce qui permet de les classer en cinq grandes catégories reproduites dans le tableau 1 : pour chacune d'elles, on identifie les facteurs responsables de l'apparition du vide, l'allure et les

TYPE DE CAVITÉ	ORIGINE DU VIDE	ALLURE DU RÉSEAU	EXEMPLE	* PHASES DE CREUSEMENT
CAVERNE CREUSÉE PAR LES EAUX DE SURFACE	(a) Circulation hydrogéologique récente, due au rebond isostatique	Arborescence simple, avec une galerie principale Long. : de n x 10m à n x 100m	• Grotte de Saint-Casimir • Grotte de Crabtree, Joliette	a a
	(b) Percée hydrogéologique ancienne	Arborescence à l'amont et à l'aval du réseau. Plus d'un axe principal. Partiellement bouché Long. : n x 1000m	• Grotte de Boischatel	b + a + e
CAVERNE-MÉMOIRE DES GLACIERS	(c) Creusée par eaux sous-glaciaires uniquement	Treillis à mailles larges Long. : n x 1000m	• Caverne immergée, Île aux Alumettes (Riv. Des Outaouais)	c
	(d) Creusée par eaux sous-, pro-, post-glaciaires	Treillis irrégulier dans les 3 directions de l'espace Long. : n x 100m	• Caverne Lafèche, Vals-des-Monts • Spéas, La Rédemption	d d
	(e) Causée par la tectonique glaciaire (dislocation et déformation de la roche)	Caverne en dents de scie irrégulières Long. : n x 100m et Réseau de fissures verticales étroites Long. : n x 10m	• Cavernes de Saint-Léonard • Cavernes de Beauport • Cavité de Pont-Rouge	e e + a a + e
CAVITÉ DE DÉTENTE MÉCANIQUE	(f) Pesantour affectant falaise, versant raide et voûtes rocheuses	Vide étroit subvertical ou parallèle à la pente du versant	• Cavité de Percé • Caverne de Desbiens Lac Saint-Jean	f f
	(g) Dislocation des falaises et versants, due au sapement par rivière ou mer	Idem f	• Cavité et effondrement (en 1998) Anse-aux-Gascons • Caverne de la Pointe-à-Cives • Abris sous roche Le Bic	g g + a g + a
CAVERNE CRYOGÉNIQUE	(h) Circulation d'eau souterraine alimentée par fonte des neiges et limitée par sous sol gelé	Labyrinthe en mailles serrées, proche de la surface Long. : n x 100m	• Grotte de Chambord, Lac Saint-Jean	h
PALÉOCAVERNE	(i) Circulation hydrogéologique ancienne (préglaciaire)	Variée Long. : n x 1m à n x 100m	• Grotte de Saint-Elzéar • Cavités colmatées dans carrières de Maria, Port-Daniel	i + f + a i
	(j) Causée par activité hydro-thermale le long de fractures	Boyaux étroits dans plan de fracture Long. : n x 1m	• Cavités dans falaises marines de Port-Daniel	j + g

\* le creusement de certaines cavités se fait en phases successives qui laissent des vides plus ou moins importants. Lorsqu'il y a lieu, on note ces phases par ordre d'importance décroissante et non en fonction de la chronologie

**TABLEAU 1 - Les cavernes du Québec classées en fonction des agents géologiques qui les ont générées.**



GEO.LAB Informat on. Département de géographie, UQAM

FIGURE 1 - Localisation de quelques cavernes décrites dans le texte.

longueurs des réseaux souterrains, puis on cite des exemples en signalant la ou les phases principales de creusement. La majorité des cavernes mentionnées sur ce tableau sont localisées sur la carte de la figure 1.

### Les cavernes creusées par les eaux de surface

Ces cavernes sont les plus fréquentes. Elles représentent une sorte de réponse à l'histoire géologique récente du Québec, caractérisée par le relèvement de la croûte terrestre consécutif à la dernière glaciation. Ce faisant, les eaux de surface s'écoulent vers leur niveau de base, soit le Saint-Laurent et l'océan, soit des lacs, surcreusent dépôts et roches cohérentes pour y arriver. Le rebond isostatique favorise aussi la détente mécanique du socle rocheux, dès lors parcouru par un réseau de diaclases dont la perméabilité est supérieure à celle de l'encaissant. Les eaux de surface n'ont plus qu'à utiliser certaines de ces discontinuités pour court-circuiter leur réseau subaérien et générer des cavernes. Les calcaires subhorizontaux ou peu déformés des Basses Terres du Saint-Laurent sont les hôtes privilégiés de ces cavernes. On les trouve toujours à proximité des lits des rivières. Dans les Laurentides également, ce type de caverne fonctionne comme déversoir entre lacs, autant que comme percée hydrogéologique le long de rivières sinueuses. Les parcours souterrains se font alors dans les fréquentes lentilles de marbre qui s'y trouvent. Comme les glaciations du Quaternaire ont enfoncé le continent plusieurs fois, il est plus que plausible que lors des rebonds isostatiques antérieurs à l'actuel, des cavernes se soient développées de la même façon. Un cas est connu, celui de la grotte de Boischatel, la plus longue du Québec. Une datation de dépôts piégés dans la caverne montre que celle-ci fonctionnait comme aujourd'hui juste avant la dernière glaciation, il y a plus de 80 000 ans. Certaines galeries de la caverne ont d'ailleurs été disloquées ensuite par les mouvements subséquents des glaciers. Ce premier type de caverne se développe en réseaux subhorizontaux composés de galeries secondaires formant une arborescence à l'une ou l'autre de ses extrémités, parfois des deux. Ces cavernes disposent généralement d'un seul axe principal, sauf si le réseau est ancien comme à Boischatel. Elles mesurent quelques dizaines à des centaines de mètres de long : la grotte de Boischatel est actuellement cartographiée sur plus de 2 800 m, tandis que la deuxième plus longue grotte à Saint-Casimir mesure 980 m. Sur l'île d'Anticosti, toutes les cavernes sont de ce type. Leur réseau est cependant plus simple, se composant de sections rectilignes contrôlées par le jeu des diaclases et du pendage modéré des calcaires (Roberge, 1996). La caverne de la rivière à la Patate en est la plus longue connue (567 m). On peut la visiter facilement. Comme ces cavernes sont situées à faible profondeur, le territoire à l'aplomb est affecté par des éboulements quand un toit de galerie s'effondre.

### Les cavernes-mémoire des glaciers

Ces cavités sont les plus originales du Québec mais aussi les plus difficiles à localiser. On conçoit pourtant aisément de quelles manières elles sont apparues en se basant sur les connaissances récentes acquises au sujet du comportement des glaciers quaternaires. Il est bien documenté que chaque englacement continental a comporté des périodes durant lesquelles le bilan glaciologique était négatif : de grandes quantités d'eau de fonte circulaient alors sur les glaciers, puis s'engouffraient dans des crevasses. Ces eaux finissaient par s'écouler à la base du glacier avec une force d'autant plus grande que la dénivelée entre la surface et la semelle du glacier était importante. Ces eaux sous pression ont évidemment surcreusé la surface du roc sur lequel glissait le glacier. Mais, en plus, elles ont réussi localement à tarauder d'énormes cavités naturelles plus efficaces que n'importe quelle galerie d'amenée d'eau de nos centrales hydroélectriques. C'est ainsi que dans les calcaires au fond de la rivière des Outaouais, à hauteur de l'île aux Allumettes, des plongeurs spéléologues ont exploré et cartographié un réseau souterrain immergé de plus de 10 152 m de long (Sawatizky, 1998)! Les galeries de cet immense réseau sont subhorizontales et leur section ovale et aplatie se distingue aussi par ses dimensions : plus de 15 m sur 4 m au moins. Situées à faible profondeur, ces cavités, bien que développées dans des calcaires à bancs épais (Formation d'Ottawa; Groupe de Trenton; Ordovicien), ont des portées telles que des effondrements y sont nombreux. Quand les glaciers disparurent, les eaux de fonte qui en résultèrent s'écoulaient aussi à proximité de leur front suivant d'autres modalités s'ajoutant à la précédente. Ces divers écoulements sous-glaciaires, proglaciaires et immédiatement postglaciaires, inscrivent leurs marques dans les roches solubles en plus d'y piéger des dépôts. Deux cas remarquables sont connus au Québec : le Spéos-de-la-Fée, dans les calcaires plissés des Appalaches (Schroeder et Desmarais, 1988; Gray *et al.*, 1987) et la caverne Laflèche, développée dans une lentille de marbre du Bouclier canadien, qui sera présentée plus en détail à la subdivision suivante.

Enfin, les mouvements mêmes des glaciers quaternaires sont la cause première expliquant la genèse des cavernes dites glaciectoniques. Leur existence est attestée depuis peu, bien que de multiples dislocations du roc, avec et sans déformations dues à des poussées latérales, aient été observées depuis quelques décennies (Grice, 1972; Schroeder *et al.*, 1986). Leur découverte est généralement fortuite, consécutive à des affaissements ou à des effondrements localisés en milieu déjà construit (Schroeder, 1991). Le plan de ces cavités dessine un tracé en dents de scie irrégulières. Les plafonds en sont plats, lorsque constitués de la base d'un banc de roche qui a coulissé sur les bancs sous-jacents limités par les murs verticaux de la caverne. Ces

murs verticaux tout en creux et saillies s'emboîtent parfaitement tant que des éboulements subséquents à l'ouverture de la caverne ne sont pas survenus. Le toit de ces cavités peut aussi se réduire à un roc disloqué ou même du till (Schroeder *et al.*, 1990) Mesurant des centaines de mètres de long, ces cavités généralement indiscernables de la surface sont localement noyées quand les vides glaciotectoniques se situent sous le niveau de la nappe aquifère comme c'est le cas à Saint-Léonard. Par contre, à Beauport, le barrage relevant le niveau de la Montmorency d'une vingtaine de mètres permet aux eaux de la rivière de se déverser en rive droite dans un réseau souterrain qui les amène à des résurgences situées 1 km au sud. Plus de 250 m de cavités souterraines ont été étudiés en détail. Il en ressort qu'elles constituent les plus grands vides glaciotectoniques connus et qu'elles fonctionnent actuellement comme des égouts pluviaux.

### Les cavités de détente mécanique

Partout où la topographie du territoire est suffisamment marquée pour mettre à nu le roc, les diaclases résultant d'un déficit de pesanteur tout autant que les plans de stratification et autres joints de faiblesse vont s'ouvrir progressivement. Dans tous les matériaux compétents à relief marqué, la stabilité même du versant est limitée par un seuil qui, franchi, aboutit à des éboulements. Cependant, avant d'en arriver là, des cavités étroites, subverticales et parallèles au versant s'ouvrent lentement dans le rocher lui-même. Ainsi dans les conglomérats résistants qui dominent Percé, une sorte de fossé parallèle au rebord du versant a attiré l'attention des spéléologues. Ceux-ci y ont trouvé un minuscule passage communiquant avec le haut d'une cavité souterraine étroite mais profonde de 48 m. Cette cavité témoigne du décollement en cours d'un imposant dièdre de roc, dont la hauteur est au moins de 50 m sur une largeur équivalente. Son effondrement est à prévoir. Il existe de nombreux autres cas de figure pour ces cavités de détente mécanique, depuis le décollement de versant dans une zone de cisaillement, comme pour la caverne de Desbiens, jusqu'aux vides plus modestes apparaissant à la suite de glissements de pans de roc sur des versants raides, ou des décollements de voûte en porte-à-faux dans des cavernes, ou encore des abris sous roche. Enfin, la genèse de ce type de cavité peut être favorisée, voire accélérée, grâce au sapement des versants par des rivières ou la mer.

### Les cavernes cryogéniques

Le quatrième type pourrait s'appeler les cavernes cryogéniques, car le froid semble en être à l'origine. C'est un problème actuellement à l'étude. Elles se composent de conduits horizontaux développés grâce à des processus de dissolution le long d'un patron très serré de diaclases. Elles

se maintiennent à faible profondeur (moins de 5 m sous la surface), dans des calcaires dont la topographie est le plus souvent plane. Le réseau dessine une sorte de labyrinthe en treillis qui s'est probablement développé grâce à l'apport d'eau fourni par la fonte des neiges. Ces eaux se sont alors infiltrées dans les diaclases jusqu'à un niveau de rocher encore gelé, donc imperméable. Une circulation latérale des eaux souterraines s'organise alors sur ce niveau gelé. La dissolution y surcreuse les lèvres de diaclases ouvrant ainsi des conduits submétriques. La grotte de Chambord, au Lac-Saint-Jean, en est un bel exemple : elle qui est constituée d'un labyrinthe de conduits se recoupant long de 250 m, sur une superficie à l'aplomb d'à peine 30 m sur 20 m.

### Les paléocavernes

Nous les nommons ainsi car elles renvoient au concept de paléokarst, ces marques d'anciens paysages littéralement inclus dans les roches sédimentaires depuis le début du Cambrien (Bosak *et al.*, 1989). En Gaspésie, on a trouvé deux sortes de paléocavernes : celles qui furent mises en place par des circulations d'eau souterraine alimentée de la surface, et d'autres en rapport avec des circulations d'eau hydrothermale. Les premières sont représentées par des cavernes comme la grotte de Saint-Elzéar ou bien par les poches remplies de matériel allochtone qui apparaissent dans les fronts de carrière de la région de Port Daniel. L'espace souterrain de la grotte de Saint-Elzéar n'a pratiquement pas changé depuis plus de 200 000 ans, âge des concrétions (Roberge et Gascoyne, 1978), et sa morphologie témoigne d'un emboîtement de formes mis en place bien avant cette date. Mais quand? Nous ne le savons pas encore. Quant aux poches remplies de matériel allochtone, elles attestent de la présence d'une couverture sédimentaire aujourd'hui disparue. Or, on a pu montrer que toute cette zone est une paléosurface qui a été fossilisée par la sédimentation du Carbonifère, puis graduellement exhumée (Jutras et Schroeder, 1999; Peulvast *et al.*, 1996). Ce qui projette dans un passé lointain actuellement indéterminé les écoulements d'eau qui ont généré ces paléocavernes. Enfin, on trouve dans les falaises marines de la même région des cavités qui les taraudent littéralement. Elles constituent le moule, le fantôme des géodes déposées par des eaux d'origine profonde circulant lors de la mise en place des plissements appalachiens.

### LA VISITE DE LA CAVERNE LAFLECHE, UNE LEÇON DE GÉOLOGIE EXEMPLAIRE

A une vingtaine de kilomètres au nord de la région d'Ottawa-Hull, la caverne Lafleche est accessible au public depuis 1995. Découverte en 1865, elle fut aménagée en attraction touristique dès 1923, devenant ainsi la première

grotte touristique du Canada. La caverne et le site furent abandonnés en 1973. Son réseau cartographié, long de 402 m, se compose de deux parties étagées, unies par un puits de 20 mètres de haut. On y accède par une monumentale entrée naturelle située à mi-hauteur de la colline dans laquelle la grotte se développe. Cette entrée donne sur une grande salle longue de 25 m, haute de 6 m, qui communique avec le haut du puits par une galerie facilement parcourable et un conduit plus modeste. La base du puits est accessible par une galerie artificielle, horizontale, taillée dans le roc en 1956. Un réseau de conduits communique avec un plan d'eau du côté nord et avec une galerie remontante du côté sud du puits.

Les collines environnantes tout autant que celle dans laquelle se trouve la caverne sont constituées de roches métamorphiques et ignées de la province géologique de Grenville (Précambrien). De façon plus précise, la caverne est située dans une lentille de marbre qui s'étire du sud-ouest vers le nord-est sur environ 1 000 m pour une largeur de 150 m au plus. Dans le marbre, sont inclus des blocs de gneiss et de quartzites, d'une taille variant de quelques centimètres de long à plus d'un mètre. La lentille est entourée de gneiss et de quartzites différents et très variés ainsi que de roches à pyroxènes et hornblende. Si le marbre, comme tous les calcaires, est une roche soluble, par contre, les autres ne le sont pas. Le visiteur de la caverne s'en rend d'ailleurs compte car presque toutes les voûtes de marbre présentent des excroissances composées de blocs de gneiss ou de quartzites : c'est l'eau qui, dissolvant le marbre, a mis en relief ses inclusions et, par conséquent, créé la caverne. L'eau a pu dissoudre le marbre jusqu'au coeur de la lentille car celle-ci est parcourue de multiples fractures (joints) se regroupant en deux familles principales : un réseau de fractures presque verticales et orientées à peu près nord-sud et un réseau de fractures subhorizontales. Le premier réseau sert de patron pour le puits et un dôme étroit au-dessus de la grande salle, tandis que le second contrôle la géométrie des galeries et des conduits. Ainsi, la première variété du temps, celui qui a façonné, déformé, fracturé les roches, permet-il au visiteur de comprendre l'architecture même du réseau souterrain... mais n'explique en rien pourquoi, comment et quand l'eau a pu circuler dans la lentille de marbre. Le marbre, ses inclusions et ses fractures ont été les éléments passifs et de longtemps antérieurs à une autre histoire, qui n'a pas non plus de rapport avec le présent, puisqu'aujourd'hui la caverne est à l'air libre et disposée bien au-dessus du plus proche plan d'eau!

Pour poursuivre son enquête, le visiteur doit observer en détail les voûtes rocheuses de la caverne et s'interroger sur les résultats des recherches des spécialistes qui ont analysé les dépôts piégés et leur contenu. Les voûtes sont surcreusées de deux formes de dissolution caractéristiques. Dans tout le réseau, des chenaux de voûtes dessinent des méandres qui constituent un vrai réseau hydrographique littéralement inscrit au plafond de la caverne. Ces surcreusements bien connus des hydrogéologues attestent que la caverne

une fois apparue – par dissolution comme on l'a vu – a été complètement remplie de dépôts, puis que de l'eau souterraine a réussi à s'écouler entre ceux-ci et la voûte rocheuse. Tant que la capacité de cette eau à dissoudre le marbre l'emportait sur sa force à déplacer les dépôts, elle agrandissait son chenal à même le marbre, contournant lorsque nécessaire les inclusions insolubles. Le débit de ces chenaux croissant, l'eau a fini par mobiliser les dépôts colmatant la caverne et ainsi l'ouvrir à nouveau puisqu'aujourd'hui le visiteur s'y promène. Il faudra trouver dans l'histoire géologique de la région une période durant laquelle de l'eau en grande quantité a circulé dans la trame des fractures de la lentille de marbre au point d'y aménager le vide de la caverne, ensuite comprendre comment celle-ci s'est remplie de dépôts avant d'être partiellement vidée. Il est important de signaler ici une dernière forme de dissolution inscrite dans les voûtes de la caverne. Il s'agit d'une encoche de dissolution rigoureusement horizontale, observable à l'entrée et dans la caverne à l'altitude de 239 m. Cette encoche prouve que la caverne et sa région immédiate ont été noyées par un plan d'eau calme, un lac, à un moment où la caverne, à cette altitude du moins, n'était pas colmatée par les dépôts. Cet épisode doit donc aussi trouver place dans la chronique de la caverne.

Les dépôts couvrant 85 % des planchers du réseau souterrain sont composés de matériel grossier, de dimensions variées et d'origine étrangère à la caverne (Schroeder et Desmarais, 1988). Les figures sédimentaires qui y ont été relevées montrent que ces dépôts ont été injectés avec violence dans la caverne. Ils se divisent en deux familles : des sables grossiers stratifiés inclus dans un matériel hétérogène flué, sorte de boue comprenant des galets et des blocs exogènes. Distribués dans ce matériel, de rares ossements, toujours brisés, ont été recueillis par tamisage et identifiés, ainsi que des pollens. Un morceau cassé de plancher stalagmitique, des ossements et les pollens ont été datés (Youngman et Schroeder, en préparation). L'identification des ossements par le Dr Youngman fut une tâche ardue puisqu'il ne disposait que de débris osseux de petite taille. La faune charriée par ces boues comprend le renard arctique, le lemming d'Ungava, le lièvre arctique, le caribou, un phoque ainsi que des poissons, des mollusques d'eau douce, des oiseaux, des chauves-souris et d'autres mammifères petits et grands. Une dent de renard arctique a été datée à 10 800 ans  $\pm$  90 BP., tandis qu'un os long de caribou donnait 8 500 à 8 800 ans BP. et que le morceau de plancher stalagmitique datait de 8 400  $\pm$  200 BP. Quant aux pollens trouvés dans les dépôts, ils proviennent soit de graminées et d'autres « mauvaises herbes » apparues lorsque la région a été ouverte à l'agriculture au milieu du 19<sup>e</sup> siècle, soit d'arbustes comme le merisier daté, lui, de l'année 1448. Quel beau casse-tête! Pour être sûr de ne pas la perdre, la tête, il va falloir mettre un peu d'ordre dans ces informations.

La géologie, comme toutes les sciences naturelles, se subdivise en spécialités qui, grâce à des méthodes minu-

tieuses, donnent des résultats de plus en plus précis. Il n'empêche que la réalité ainsi analysée doit aussi se comprendre d'une façon globale. Aussi le défi du géologue consiste-t-il à bâtir un modèle explicatif qui inclut toutes les données de terrain aussi contradictoires soient-elles en apparence. C'est aussi ce qu'il convient de faire ici. Commençons donc par les données relatives aux périodes les plus récentes, pour ensuite remonter dans le temps. Ainsi, en ce qui concerne les résultats obtenus par la palynologie, il faut savoir que les grains de pollen dont le diamètre oscille entre 0,5 et 100 microns sont tellement petits qu'ils sont entraînés par les eaux de pluie s'infiltrant dans les plus fines fissures de la roche pour s'accumuler dans les dépôts déjà présents dans les cavernes. Les retrouver dans les dépôts grossiers de la caverne donne des informations sur ce qui se passait en surface il y a de 1 à 4 siècles mais n'indiquent rien en ce qui concerne les dépôts eux-mêmes qui, en fait, ont été contaminés. Quant aux débris osseux, ils proviennent (comme les dépôts avec lesquels ils ont été transportés) de l'extérieur de la caverne pour les plus gros, d'où leur état broyé, ou d'une autre partie de la caverne en ce qui concerne les chauves-souris, qui sont des cavernicoles sûrs. Enfin, le morceau de calcite daté provient d'un plancher stalagmitique qui s'est développé dans la caverne après qu'elle ait été libérée au moins partiellement des dépôts dont les chenaux de voûte attestent la réalité et après le retrait du lac noyant la région jusqu'à 239 m.

En cherchant à valider les données géologiques, nous venons en quelque sorte de caler la caverne Laflèche dans le temps. Elle ne contient que peu d'informations de la variété du temps proche et actuel : la nature et l'âge des pollens. Par contre, cette grotte permet d'identifier des événements qui aident à remonter dans le temps. Il y a 8 400 ans, un flot de boue apporte de l'extérieur du matériel fluvioglaciaire et des ossements broyés de ce fait par le transport. Ces boues injectées détruisent un plancher stalagmitique. Entre environ 11 000 ans et 8 400 ans, la faune montre que le climat local se réchauffe. Avant 11 000 ans, la caverne au moins partiellement vide de dépôts est envahie par un lac reconnu d'ailleurs dans la région (Naldrett, 1988). Aujourd'hui, grâce à l'encoche horizontale dans la caverne, on en connaît le niveau exact. Ce lac temporaire a précédé de peu la mer de Champlain, mer postglaciaire qui a noyé les Basses Terres du Saint-Laurent au fur et à mesure que l'inlandsis se retirait. Cet immense glacier en fondant produisit des quantités énormes d'eau s'écoulant à sa surface, puis passant par des crevasses à sa base. Ces eaux sous-glaciaires, à la toute fin de la glaciation, ont réussi à s'ouvrir un passage entre des dépôts colmatant complètement la caverne et le rocher. Ainsi sont apparus les chenaux de voûte et l'évacuation des dépôts bloquant la caverne.

Mais alors à quand remonte l'origine probable de la caverne? Avant 13 000 ans, on sait que la région est sous la glace pour des dizaines de millénaires. Cependant, durant cette période, le glacier a changé de régime plusieurs fois.

C'est-à-dire qu'à certaines périodes comme il y a 25 000 ans, il s'est fortement aminci, alimentant une importante circulation d'eau sous pression à sa base. Il est vraisemblable qu'à cette époque (fin du Wisconsinien moyen), la colline de marbre s'abaissant brutalement du côté opposé au mouvement du glacier, les eaux de fonte sous une pression exceptionnelle ont dissous le marbre en suivant le patron des discontinuités que la longue histoire géologique de ces roches avaient créées. Lorsque la pression de l'eau a baissé, les dépôts glaciaires sont restés piégés dans la caverne, la remplissant pour les millénaires qui vont suivre. La chronologie ainsi reconstruite à partir du présent a l'avantage de prendre en compte toutes les données connues actuellement et de cadrer avec l'état de connaissances concernant la géologie régionale, d'où son intérêt.

### UN PATRIMOINE ORIGINAL

Les cavernes du Québec ont comme principale particularité d'être très différentes les unes des autres, ce qui distingue de celles qu'on trouve dans les autres régions « à grottes » du monde (par exemple, le Kentucky, l'Ardèche, le Sud de la Chine, etc.). Elles ne peuvent cependant rivaliser avec les immenses grottes-spectacles où défilent des millions de visiteurs par an, car leurs dimensions sont plutôt modestes. Par contre, leur diversité même est à l'image de l'histoire géologique du Québec en quelque sorte distendue entre les extrémités du temps. En effet, cette histoire remonte à l'origine des premiers continents dont l'accrétion a permis la mise en place du Bouclier canadien et s'étire jusqu'aux bouleversements relativement récents causés par les glaciations du Quaternaire (Landry et Mercier, 1992). Les cavernes peuvent aider à mieux comprendre notre histoire géologique tout en offrant le dépaysement du monde souterrain, sans oublier qu'elles constituent aussi des biotopes particuliers. Mais cette fonction spécifique des cavernes sort de notre propos. Avec leurs dimensions relativement réduites et leur localisation dans des terrains variés, les cavernes du Québec sont des géotopes en puissance, c'est-à-dire des éléments patrimoniaux que les citoyens et les citoyennes peuvent intégrer à leur développement local (Schroeder et Caron, 1997).

### BIBLIOGRAPHIE

- BEAUPRÉ, M. - CARON D, 1986 - Découvrez le Québec souterrain, *Québec Science*, PUQ, Sillery, Qc, 254 p.
- BOSAK, P. - FORD, D. - GLACEK, J. - HORACEK, I., 1989 - Paleokarst, a systematic and regional review, Elsevier, N.-Y., 725 p.
- BOUCHARD, M.A. - MARSAN, B. - PÉLOQUIN, S. - FORTIN, G. - SAARNISTO, M. - SHILTS, W.W. - DAVID, P.P. - FLISZAR, A., 1989 - Géologie glaciaire du cratère du Nouveau-Québec. Dans : L'histoire naturelle du Nouveau-Québec, sous la direction de M.A. Bouchard. Collection Environnement et Géologie, volume 7 Université de Montréal, p. 101-136

- FORD, D. C. et P.W. WILLIAMS (1989). Karst Geomorphology and Hydrology. Unwin Hyman, London, 601 p.
- GRAY, J.T. et dix-neuf collaborateurs, 1987 - Processus et paléoenvironnements du Quaternaire dans la péninsule gaspésienne et en Bas-Saint-Laurent, XIIe congrès de l'INQUA, livret-guide de l'excursion C-4, Université de Montréal.
- GRICE, R. H., 1972 - Engineering geology of Montreal, 24e conf. int. de géol., Montréal, livret-guide, 13-18.
- JUTRAS, P. - SCHROEDER J., 1999 - Geomorphology of an exhumed Carboniferous paleosurface in the southern Gaspé Peninsula; paleoenvironmental and tectonic implications. *Géographie physique et Quaternaire*, vol. 53, no 2, p. 1-15.
- LANDRY, B. - MERCIER M., 1992 - Notions de géologie, Modulo, 3e éd., 365 p.
- NALDRETT, D.L., 1988 - Late Glacial-Early glaciomarine transition in the Ottawa Valley : evidence for a glacial lake?, *Géographie physique et Quaternaire*, vol. 42, p. 171-179.
- PEULVAST, J.-P. - BOUCHARD, M. - JOLICOEUR, S. - PIERRE, G. - SCHROEDER, J., 1996 - Paleotopographies and Post-Orogenic Morphotectonic Evolution around the Baie-des-Chaleurs (Eastern Canada), *Geomorphology*, vol. 16, p. 5-32.
- ROBERGE, J., 1996 - Géomorphologie de l'île d'Anticosti et de la région de la rivière Vauréal, état des connaissances, ministère de l'Environnement et de la Faune, Québec, 214 p.
- ROBERGE, J. - GASCOYNE M., 1978 - Premiers résultats de datations dans la grotte de Saint-Elzéar, Gaspésie, Québec, *Géographie physique et Quaternaire*, vol. 32, p. 281-287.
- SAWATIZKY, D., 1998 - Ottawa River Caves, update 98, *Canadian Caver*, vol. 29, no 1, p. 18-23.
- SCHROEDER, J., 1991 - Les cavernes à Montréal, du glaciotectonisme à l'aménagement urbain, *Le Géographe canadien/The Canadian Geographer*, vol. 35, no 1, p. 9-23.
- SCHROEDER, J., 2000 - Les cavités naturelles et l'environnement : un couplage problématique in *Les espaces dégradés, contraintes et conquêtes*, sous la direction de G. Sénécal et D. Saint-Laurent, PUQ, 272.
- SCHROEDER, J. - BEAUPRÉ, M., 1985 - Impacts des cavités glaciotectoniques sur l'aménagement urbain de Montréal, *Annales de la Société Géologique de Belgique*, 108, 69-75.
- SCHROEDER, J. - BEAUPRÉ, M. - CLOUTIER, M., 1986 - Ice-push caves in platform limestones of the Montreal area, *Canadian Journal of Earth Sciences*, 23 : 1842-1851.
- SCHROEDER, J. - BEAUPRÉ, M. - CLOUTIER, M., 1990 - Substrat glaciotectonisé et till syngénétique à Pont-Rouge, Québec, *Géographie physique et Quaternaire*, vol. 44, no 1, p. 33-42.
- SCHROEDER, J. - CARON, D., 1997 - Les cavernes : un géotope pour le développement local, in *Rebâtir des campagnes, des villages et des petites villes pour le XXIe siècle*, Éditions Trois-Pistoles, p. 200-209.
- SCHROEDER, J. - DESMARAIS, L., 1988 - Morphologie et sédiments de la plus grande grotte du Bouclier canadien : la caverne Laflèche, Québec, *Annales de la Société géologique de Belgique*, no 111, p. 173-182.
- YOUNGMAN, P.M. - SCHROEDER, J. (en préparation). A Pleistocene Holocene Biota from Glaciofluvial deposits in Laflèche Cave, Québec, Canada.
- QUÉBEC SCIENCE, juillet-août 1996, Cahier supplément, 24 p.

#### Information pratique

Pour visiter les cavernes du Québec en toute sécurité et dans le respect des gens et du milieu, on peut contacter la Société québécoise de spéléologie :  
Tél. : (514) 252-3000 poste 3006  
Courriel : speleo@speleo.qc.ca

# PARTIE III

## LES FOSSILES DU QUÉBEC

LES CHITINOZOAIREs : CE QU'ILS NOUS RÉVÈLENT SUR L'HISTOIRE GÉOLOGIQUE, LA PALÉOGÉOGRAPHIE ET LE POTENTIEL EN HYDROCARBURES DU QUÉBEC <i>Aicha Achab, Esther Asselin, Azzedine Soufiane et Rudolf Bertrand</i> .....	87
LE PARC DE MIGUASHA EN GASPÉSIE : UN SITE NATUREL DU PATRIMOINE MONDIAL DE L'UNESCO AU CŒUR DE L'HISTOIRE DES POISSONS FOSSILES DU QUÉBEC <i>Richard Cloutier, Sylvain Desbiens et Marius Arsenault</i> .....	95
LES PALÉONTOLOGUES AMATEURS AU QUÉBEC : ÉTAT DE LA SITUATION ET LEUR AVENIR <i>Albert Cornu</i> .....	103
LES VERTÉBRÉS DU QUATERNAIRE DU QUÉBEC : UN RÉSUMÉ QUATERNARY VERTEBRATES OF QUÉBEC: A SUMMARY <i>Charles R. Harington</i> .....	107
PRECAMBRIAN FOSSILS IN QUÉBEC <i>Hans J. Hofmann</i> .....	109
SURVOL DES LOCALITÉS FOSSILIFÈRES ÉVIDENTES DU CAMBRIEN AU DÉVONIEN DU QUÉBEC <i>Pierre J. Lespérance</i> .....	115
ÎLE D'ANTICOSTI : PATRIMOINE GÉOLOGIQUE MONDIAL ET HYPOSTRATOTYPE DE LA LIMITE ORDOVICIEN-SILURIEN <i>Allen A. Petryk</i> .....	117



# LES CHITINOZOAIRE : CE QU'ILS NOUS RÉVÈLENT SUR L'HISTOIRE GÉOLOGIQUE, LA PALÉOGÉOGRAPHIE ET LE POTENTIEL EN HYDROCARBURES DU QUÉBEC

Aicha Achab<sup>1</sup>, Esther Asselin<sup>2</sup>, Azzedine Soufiane<sup>1</sup> et Rudolf Bertrand<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institut national de la recherche scientifique – Eau, Terre et Environnement

<sup>2</sup>Commission géologique du Canada

## INTRODUCTION

Les roches sédimentaires du Paléozoïque du Québec sont réputées pour leurs faunes de brachiopodes, trilobites, coraux et graptolites. À côté de ces macrofossiles, visibles à l'œil nu, ces roches peuvent livrer, après traitement au laboratoire, d'abondants fossiles qui eux ne sont visibles qu'au microscope. Il s'agit de microfossiles dont le test, ou la paroi, peut être calcaire, siliceux, phosphaté ou encore organique.

La palynologie est précisément la discipline de la micropaléontologie qui a pour objet l'étude des microfossiles à test organique. Le terme a été introduit par Hyde et Williams (1944) pour distinguer ces microfossiles de ceux à test minéralisé. Restreinte à l'origine aux microfossiles d'origine végétale tels les spores et le pollen, la palynologie a progressivement englobé l'étude de tous les microfossiles à paroi organique, qu'ils soient d'origine végétale (spores, pollen, dinoflagellés), animale (scolécodontes), ou incertaine (acritarches, chitinozoaires). Les trois volumes publiés par l'*American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation* (Jansonius et McGregor (ed.), 1996) composent actuellement l'ouvrage le plus récent sur la palynologie et ses applications.

## COMMENT RECUEILLE-T-ON LES MICROFOSSILES ORGANIQUES ET POURQUOI LES ÉTUDIE-T-ON?

Du fait de leur petite taille, les microfossiles organiques ne peuvent être observés directement sur le terrain; ils sont obtenus après dissolution de la roche en laboratoire. Celle-ci est traitée à l'acide chlorhydrique pour dissoudre les carbonates, puis à l'acide fluorhydrique pour dissoudre les silicates. On obtient alors un résidu qui se présente sous la forme d'une pâte noirâtre composée de matière organique. Une goutte de ce résidu est montée entre lame et lamelle pour être observée au microscope afin de déterminer la nature du résidu. Si des chitinozoaires sont présents, ils sont alors triés un à un à l'aide d'une pipette et observés à l'aide d'un microscope optique. Pour obtenir davantage d'information sur les éléments structuraux des microfossiles, il est maintenant fréquent de les observer au microscope électronique à balayage (MEB). Le MEB permet de

plus forts grossissements et surtout une vision en trois dimensions.

Du fait de leur grande abondance et de leur petite taille, les microfossiles organiques peuvent être extraits de petits échantillons de roches comme par exemple les déblais de forages. C'est en partie grâce à cela que la palynologie a connu un grand essor dans l'industrie pétrolière à partir des années 60. Les microfossiles organiques furent alors beaucoup utilisés par les compagnies pour dater les roches et établir des corrélations stratigraphiques entre les masses rocheuses des bassins sédimentaires qu'elles exploraient. Subséquemment, les données de la palynologie vinrent supporter des études régionales sur la paléogéographie, la paléoécologie et la paléoclimatologie.

Les changements de couleur affectant les microfossiles organiques, lorsqu'ils sont soumis à des conditions de température croissantes, en font aussi un indicateur sensible du degré de diagenèse ou d'évolution des sédiments, et un outil efficace pour identifier et délimiter les zones propices à la présence d'hydrocarbures liquides ou gazeux.

Au Québec, depuis le milieu des années 1970, plusieurs travaux de recherche ont été menés sur un groupe particulier de microfossiles organiques que l'on trouve dans les successions de roches marines du Paléozoïque : les Chitinozoaires.

## QU'EST CE QUE LES CHITINOZOAIRE?

Découverts et nommés par Eisenack (1930), les chitinozoaires forment un groupe de microfossiles organiques, depuis longtemps disparu, ayant une paroi qui se rapproche de la chitine. Ils ont l'apparence de minuscules bouteilles, d'urnes ou de tubes dont la taille varie de 50 à 2000 µm (0,05 à 2 millimètres). Leur test est généralement formé de deux parties distinctes : la panse et le tube oral, ce dernier pouvant s'évaser pour former une collerette (figure 1). La paroi du test peut être lisse ou ornementée. La périphérie du fond de la panse présente parfois une couronne d'appendices ou encore est étirée pour former une membrane. Les chitinozoaires se présentent sous forme isolée ou en colonies. Ces dernières sont composées d'individus généralement disposés en chaîne linéaire, plus rarement en chaîne hélicoïdale, en amas ou encore en cocons.

Bien que les affinités biologiques et la position systématique des chitinozoaires soient encore incertaines, des classifications ont été proposées pour faciliter leur détermination. Elles reposent essentiellement sur des caractères morphologiques comme par exemple la silhouette générale du spécimen, la présence ou l'absence de col, d'opercule ou de prosome ainsi que le type, la densité et l'agencement de l'ornementation. La plus récente classification est celle proposée par Paris et al. (1999). Sur la base des données publiées et d'études régionales détaillées, Miller (1996) a fait une synthèse des travaux portant sur les lignées évolutives et les phylogénies proposées pour certains genres ou espèces.

Les chitinozoaires ne sont connus que dans les roches sédimentaires marines s'étendant de la base de l'Ordovicien au sommet du Dévonien (figure 2). Ils sont plus abondants dans des sédiments fins (shale, mudstone, calcaire micritique) qui se sont déposés dans des environnements peu agités de la plate-forme ou de la pente continentale. Leur rapide évolution dans le temps et leur grande distribu-

tion géographique en font de puissants outils de corrélation stratigraphique à l'échelle des bassins.

À l'échelle globale, la comparaison des faunes de chitinozoaires de l'Amérique du Nord avec celles décrites dans d'autres régions du monde, notamment le sud de l'Europe, l'Afrique du Nord, les pays de la Baltique et l'Australie, a montré que la composition des assemblages de microfossiles et leur distribution étaient dictées par la paléogéographie qui prévalait à l'époque. Ainsi, grâce à des analyses statistiques on peut évaluer le degré de similitude ou, à l'inverse, de dissemblance entre les faunes des paléocontinents Laurentia (Amérique du Nord), Nord Gondwana (sud de l'Europe, Afrique du Nord) et Baltica. Sur la base des similitudes ou des dissemblances observées il a été possible de déduire et de suivre dans le temps la position relative des paléoplaques tectoniques.

## LES CHITINOZOAIRES : CE QU'ILS NOUS DISENT SUR L'ÂGE DES ROCHES ET SUR LA PALÉOGÉOGRAPHIE

### La période de l'Ordovicien

L'étude des chitinozoaires a porté sur des formations géologiques ordoviciennes présentes dans les basses-terres du Saint-Laurent, sur l'île d'Anticosti, en Gaspésie et dans la partie occidentale de Terre-Neuve. Des travaux de recherche ont permis de proposer une zonation synthétique relativement complète du Système Ordovicien dans l'est du Canada (Ahab 1989). À partir des données provenant de coupes bien datées par d'autres groupes de fossiles, il a été possible de calibrer la zonation obtenue avec les échelles de référence basées sur les graptolites et les conodontes. Cette zonation, qui est la référence actuelle pour l'Amérique du Nord (Laurentia), est en voie d'amélioration grâce à de nouvelles données acquises sur la région du Lac-Saint-Jean, de l'Arctique canadien, et du Nevada.

La figure 3 présente quelques espèces de chitinozoaires caractéristiques de l'Ordovicien du Québec. Le petit chitinozoaire représenté à la figure 3.14 (*Conochitina symmetrica*) est une espèce diagnostique de l'Ordovicien inférieur tandis que la forme ornée d'épines (3.11) et dont la base est munie d'une couronne d'appendices (*Spinachitina taugourdeau*) est caractéristique de la partie supérieure de l'Ordovicien. De manière générale, la microfaune de chitinozoaires de l'Ordovicien du Québec est caractérisée par des espèces conoïdes présentant une ornementation disposée en stries longitudinales appartenant au genre *Hercochitina*, (figure 3.15 à 3.18) ou encore par des espèces dont la périphérie du fond est ornée d'une membrane en forme de jupette qui caractérise le genre *Cyathochitina* (figure 3.12).

La période ordovicienne est marquée à l'échelle globale par d'importantes glaciations dont le foyer se trouvait au cœur du continent africain, au Sahara. Cette région occupait donc à cette époque une position polaire (figure 4). La

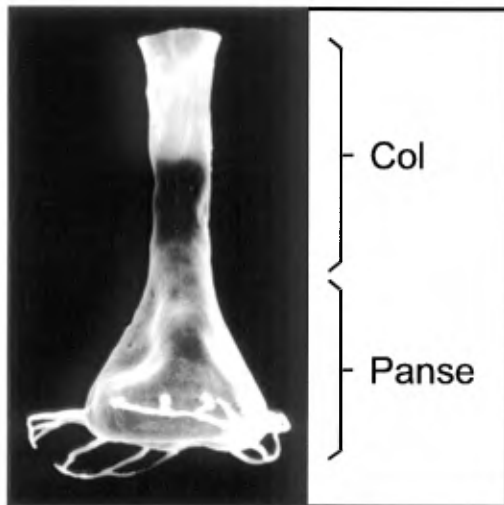
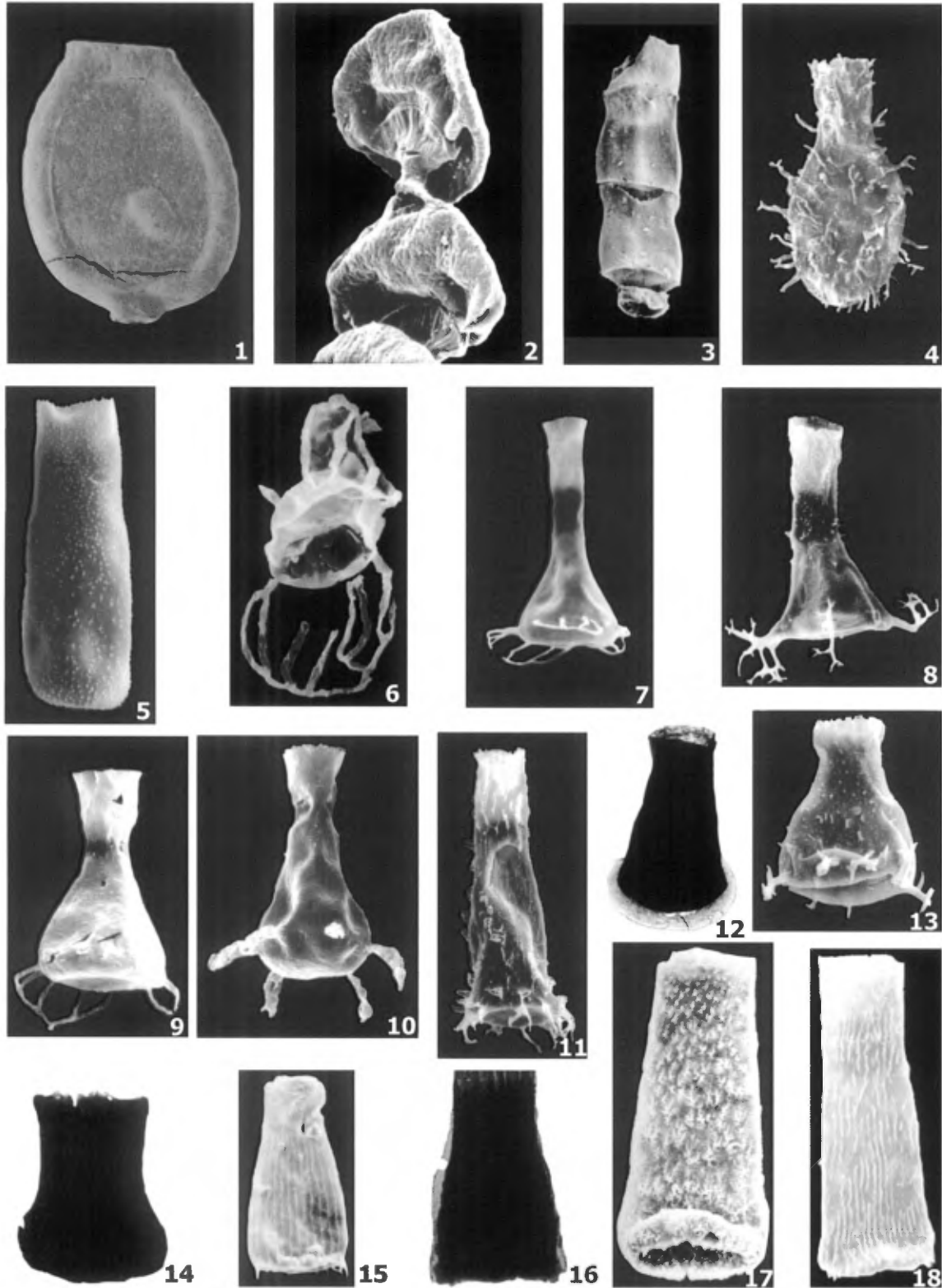


FIGURE 1- Morphologie externe d'un Chitinozoaire.

ÈRE	PÉRIODE	EXTENSION
PALÉOZOÏQUE	Permien	Chitinozoaires Conodontes Graptolites
	Carbonifère	
	Dévonien	
	Silurien	
	Ordovicien	
	Cambrien	

FIGURE 2 - Échelle stratigraphique du Paléozoïque.



**FIGURE 3** - Planche photographique présentant quelques Chitinozoaires du Québec : 1- *Eisenackitina bohémica* (EISENACK 1934), (x 180). Dévonien; 2- *Margachitina catenaria* OBUT 1973, (x 500). Dévonien (x 500). Dévonien. 3- *Cingulochitina serrata* (TAUGOURDEAU et JEKHOWSKY 1960), (x 200). Dévonien. 4- *Ramochitina cf. magnifica* (LANGE 1967), (x 250). Dévonien. 5- *Belonechitina postrobusta* NESTOR 1980, (x 250). Silurien. 6- *Plectochitina* sp. 2 (x 400). Silurien. 7- *Clathrochitina perexilis* sp. nov. (x 250). Silurien. 8- *Ancyrochitina ramosaspina* NESTOR 1994, (x 250). Silurien. 9- *Clathrochitina postconcinna* sp. nov. (x 400). Silurien. 10- *Plectochitina nodifera* NESTOR 1982, (x 400). Silurien. 11- *Spinachitina taugourdeau* (EISENACK 1968), (x 250). Ordovicien. 12- *Cyathochitina vaurealensis* ACHAB 1977, (x 200). Ordovicien. 13- *Ancyrochitina ellisbayensis* sp. nov. (x 400). Ordovicien. 14- *Conochitina symetrica* TAUGOURDEAU et JEKHOWSKY 1960, (x 125). Ordovicien. 15- *Hercochitina minuta* ACHAB 1977, (x 200). Ordovicien. 16- *Hercochitina normalis* ACHAB 1977, (x 200). Ordovicien. 17- *Hercochitina pinguis* MELCHIN et LEGAULT 1985, (x 250). Ordovicien. 18- *Hercochitina crickmayi* JANSONIUS 1964, (x 200). Ordovicien.

comparaison entre les microfaunes de chitinozoaires de l'est du Canada et celles décrites dans diverses régions du monde montre des similitudes entre les microfaunes des régions qui occupaient à l'Ordovicien une position subéquatoriale (est du Canada, Australie, Spitsberg). Ces microfaunes sont distinctes de celles provenant de régions situées à plus hautes latitudes c'est-à-dire plus près des pôles (sud-ouest de l'Europe, Bohême, Afrique du Nord). Des analyses statistiques ont aussi permis de suivre dans le temps la composition des assemblages et de confirmer, sur la base des associations de chitinozoaires, le déplacement de la paléoplaque Baltica vers des régions équatoriales au cours de l'Ordovicien (Achab 1991; Achab *et al.* 1992).

### La période du Silurien

Les travaux de recherche ont surtout porté sur les microfaunes que l'on trouve dans les roches qui se sont déposées à la fin de l'Ordovicien et au début du Silurien, pour essayer de documenter et de comprendre les importants changements qui se sont produits entre ces deux périodes. Les chitinozoaires ont été extraits de roches provenant de l'Île d'Anticosti (Achab 1981; Soufiane et Achab 2000) et du sud de la Gaspésie (Asselin *et al.* 1989). Les résultats obtenus ont été intégrés dans la biozonation globale du Silurien proposée par Verniers *et al.* en 1995. Une zonation régionale plus détaillée, en voie de développement, prendra en compte les données nouvelles provenant de la Nouvelle-Écosse, de l'Arctique canadien et du Nevada.

La figure 3 présente quelques espèces de chitinozoaires caractéristiques du Silurien du Québec. Les microfaunes sont caractérisées par des formes dont le fond est muni d'une couronne d'appendices libres appartenant au genre *Ancyrochitina* (figure 3.8 et 10), ou d'appendices reliés entre eux faisant partie du genre *Clathrochitina* (figure 3.6, 7 et 9). La microfaune comprend aussi des formes conoïdes dont la paroi est ornée du genre *Belonechitina* (figure 3.5).

Conformément à la distribution des paléoplaques tectoniques au Silurien (figure 4), les faunes de chitinozoaires du Silurien du Québec présentent de nombreux éléments communs avec celles observées dans la paléoplaque Baltica. La poursuite de la dérive de la paléoplaque Baltica vers Laurentia depuis l'Ordovicien a mené à l'accentuation de la similitude des faunes de ces deux régions qui se trouvaient alors dans les régions équatoriales.

### La période du Dévonien

Les données proviennent surtout des roches dévoniennes que l'on trouve dans le nord de la Gaspésie (Achab *et al.* 1993, 1997).

La figure 3 présente quelques espèces de chitinozoaires caractéristiques des microfaunes du Dévonien inférieur du Québec. Parmi les formes représentatives, signalons les formes globuleuses sans col se rapportant au genre *Eisenackitina* illustré à la figure 3.1, les formes en chaîne appelées

*Margachitina* (figure 3.2) ou *Cingulochitina* (figure 3.3). On rencontre aussi des formes ayant un test en forme de bouteille très orné avec des épines alignées que l'on désigne sous le nom de *Ramochitina* (figure 3.4).

L'application d'analyses statistiques pour évaluer le degré de similitude entre les microfaunes dévoniennes du Québec, qui appartiennent à la paléoplaque tectonique Laurentia, et celles décrites dans le sud-ouest de l'Europe et de l'Afrique du Nord, qui se trouvaient sur la marge nord de la paléoplaque Gondwana, a montré que la différenciation des microfaunes était moins marquée que celle observée à l'Ordovicien. Ceci confirme le rapprochement de ces plaques tectoniques au Dévonien, comparativement à la position qu'elles occupaient à l'époque de l'Ordovicien (figure 4).

### LA CONTRIBUTION DES MICROFOSSILES ORGANIQUES À L'EXPLORATION PÉTROLIÈRE

Les hydrocarbures proviennent de la transformation, sous certaines conditions, de la matière organique. Le potentiel en hydrocarbures d'une région dépend de plusieurs facteurs dont la quantité et le degré d'évolution de la matière organique. La quantité s'exprime en pourcentage de carbone organique total (COT) présent dans une roche, le degré d'évolution, ou indice d'altération thermique (IAT), s'exprime par la couleur de la matière organique et sa capacité à réfléchir la lumière c'est à dire son pouvoir réflecteur (PR). En effet, la matière organique enregistre les augmentations de température subies par les roches qui la contiennent. Ces conditions se traduisent par un changement de couleur de la matière organique qui devient de plus en plus foncée, passant du jaune clair au jaune foncé puis au brun et enfin au noir. Ce changement de couleur s'accompagne aussi d'une augmentation du pouvoir réflecteur de la matière organique. C'est en se basant sur la couleur et le pouvoir réflecteur des matières organiques que les chercheurs évaluent le degré d'évolution des roches et des sédiments que l'on appelle diagenèse.

De manière générale, lorsque la matière organique est très claire son pouvoir réflecteur est bas: on dit que la séquence est immature ou peu évoluée. Une couleur jaune ambrée se traduit par une augmentation du PR et indique que les roches ont subi une maturation thermique modérée, compatible avec la présence d'hydrocarbures liquides. Une coloration brune et un PR plus élevé révèlent une évolution plus poussée qui suggère que les hydrocarbures seront sous forme gazeuse. Enfin, une matière organique noire et un fort PR signifient que les roches sont très évoluées, qu'elles ont été soumises à des conditions de température extrêmes et qu'elle ne peuvent plus contenir d'hydrocarbures.

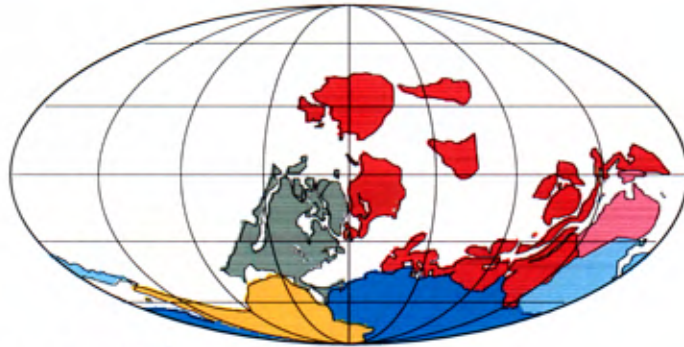
Les roches qui contiennent beaucoup de matière organique sont appelées roches-mères. Au Québec (figure 5) de telles roches existent dans les basses-terres du Saint-Laurent, sur l'Île d'Anticosti et en Gaspésie (Bertrand 1991). Si l'on considère maintenant le degré de maturation thermique atteint par ces roches on constate (figure 5) que les



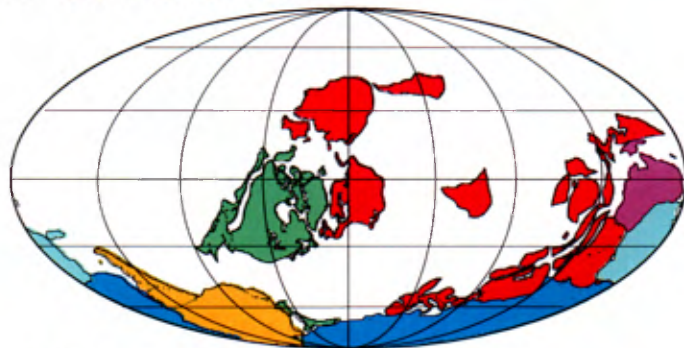
Amérique du Nord  
Amérique du Sud  
Afrique  
Australie  
Eurasie  
Antarctique



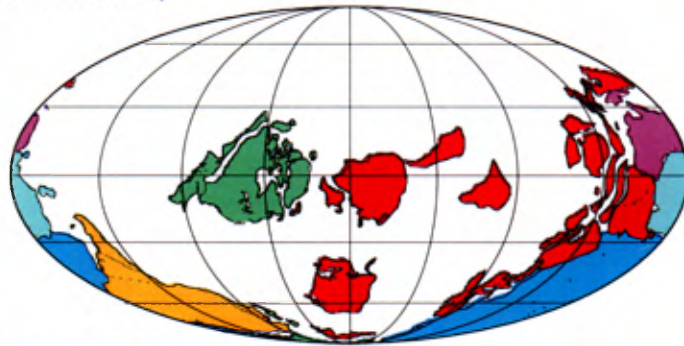
La terre aujourd'hui et, ...



il y a 390 m. a. : au Dévonien,



420 m. a. : au Silurien,



490 m. a. : à l'Ordovicien.

Tiré de: <http://www.aqd.nps.gov/grd/usgsnps/pltec/scplseqai.html> (novembre 2001)

FIGURE 4- Cartes paléogéographiques de l'Ordovicien, du Silurien et du Dévonien.

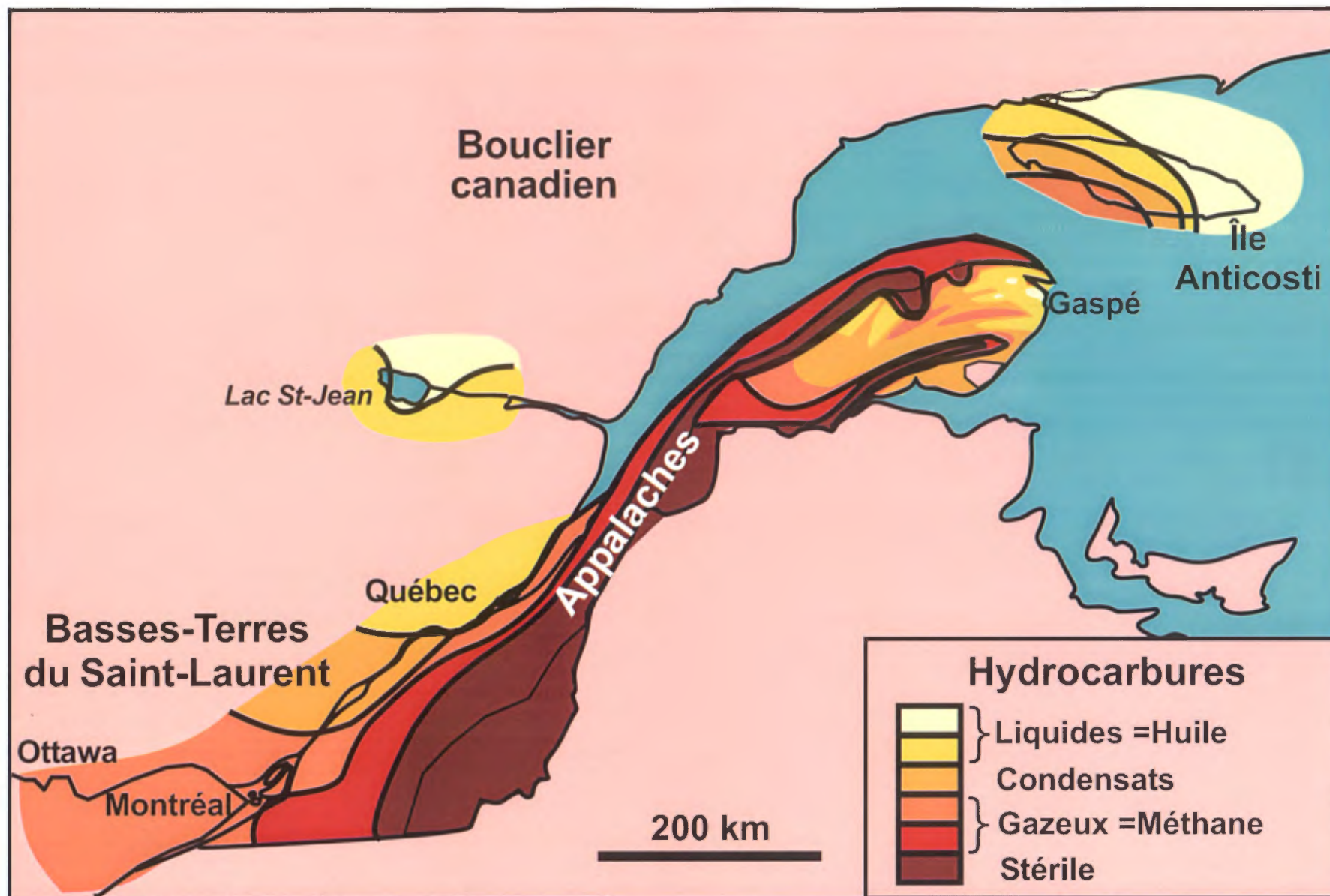


FIGURE 5 - Maturation thermique des séquences sédimentaires du Paléozoïque du Québec.

roches de la plate-forme du Saint-Laurent et de certains secteurs de la Gaspésie – représentées en jaune clair sur la carte – sont moins évoluées et pourraient donc contenir des hydrocarbures liquides. Certains secteurs des Appalaches – représentés en orange sur la carte – ont pour leur part un niveau de diagenèse plus élevé compatible avec la présence d'hydrocarbures gazeux. Ce sont ces régions qui sont la cible d'exploration par les compagnies pétrolières.

## CONCLUSIONS

Ainsi, bien que non visibles directement à l'œil nu, les microfossiles organiques fournissent une foule inestimable de renseignements sur la géologie d'une région et sur les conditions environnementales qui prévalaient à un moment de son histoire géologique. La présence de chitinozoaires dans une roche indique par exemple que la région était occupée par une mer peu agitée à un certain moment du Paléozoïque. Ils nous fournissent aussi des informations sur l'histoire que la roche a connue depuis son dépôt, notamment en nous fournissant des indications sur les conditions thermiques auxquelles elle a été soumise. Les données livrées par les chitinozoaires et autres matières organiques fournissent ainsi des données complémentaires à celles livrées par d'autres disciplines pour reconstituer l'histoire géologique d'une région et en évaluer le potentiel en hydrocarbures. Sur le plan plus fondamental cette compréhension des environnements passés et des phénomènes géologiques qui se sont produits peut être exploitée pour prévoir l'évolution future des environnements actuels.

## RÉFÉRENCES

- ACHAB, A., 1981 - Biostratigraphie par les Chitinozoaires de l'Ordovicien supérieur - Silurien inférieur de l'île d'Anticosti. In : P.J. Lespérance (editor), Subcommission on Silurian Stratigraphy, Ordovician-Silurian Boundary Working Group. Field Meeting, Anticosti-Gaspé 1981, II, Stratigraphy and Paleontology : 143-157.
- ACHAB, A., 1989 - Ordovician chitinozoan zonation of Quebec and western Newfoundland. *Journal of Paleontology* 63 : 14-24.
- ACHAB, A., 1991 - Biogeography of Ordovician Chitinozoa. In *Advances in Ordovician Geology*, C.R. Barnes and S.H. Williams (eds.), Geological Survey of Canada, Paper 90-9 : 135-142.
- ACHAB, A. - BERTRAND, R. - VAN GROOTEL, G., 1992 - Chitinozoan Contribution to the Ordovician and Lower Silurian Paleobiogeography. *Journal of Geology* 100 : 621-629.
- ACHAB, A. - ASSELIN, E., 1993 - Upper Silurian and Lower Devonian chitinozoan microfaunas in the Chaleurs Group, eastern Canada. *Special Papers in Palaeontology* 48 : 7-15.
- ACHAB, A. - ASSELIN, E. - LAVOIE, D. - MUSSARD, J.M., 1997 - Chitinozoan Assemblages from the Third-Order Transgressive-Regressive Cycles of the Upper Gaspé Limestones (Lower Devonian) of eastern Canada. *Review of Palaeobotany and Palynology* 97 : 155-175.
- ASSELIN, E. - ACHAB, A. - BOURQUE, P.-A., 1989 - Chitinozoaires du Silurien inférieur dans la région de la Baie des Chaleurs en Gaspésie, Québec, Canada. *Journal Canadien des Sciences de la Terre* 26 : 2435-2449.
- BERTRAND, R. 1991 - Maturation thermique des roches mères dans les Basses-Terres du Saint-Laurent et dans quelques buttes témoins au sud-est du Bouclier canadien. *International journal of coal geology*, 19 : 359-383.
- EISENACK, A., 1930 - Neue Mikrofossilien des baltischen Silurs. *Die Naturwissenschaften* 18 : 180-181.
- HYDE, H.A. - WILLIAMS, D.A., 1944 - The right word (letter to Paul B. Sears dated July 15, 1944). *Pollen Analysis Circular* (Oberlin, Ohio; mimeographed) 8 : 6.
- JANSONIUS J. - MCGREGOR, D.C. (ed.), 1996 - *Palynology : principles and applications*. American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation, Volumes 1, 2 et 3.
- MILLER, M.A., 1996 - *Palynology : principles and applications*. Chapter 11. Chitinozoa. Jansonius J. et McGregor, D. C. (ed.). American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation 1 : 307-336.
- PARIS, F. - GRAHN - Y., NESTOR - V., LAKOVA, I., 1999 - A revised chitinozoan classification. *Journal of Paleontology* 73 (4) : 549-570.
- SCOTESE, C. R. - MCKERROW, W. S., 1990 - Revised world maps and introduction. In McKerrow, W. S. et Scotese, C. R. (ed.). *Paleozoic paleogeography and biogeography*. Geol. Soc. (London) Mem. 12 : 1-21.
- SOUFIANE, A. - ACHAB, A., 2000 - Chitinozoan zonation of the Late Ordovician and early Silurian of the island of Anticosti, Québec, Canada. *Review of Palaeobotany and Palynology* 109 : 85-111.
- VERNIERS, J. - PARIS, F. - DUFKA, P. - SUTHERLAND, S. - VAN GROOTEL, G., 1995 - A global Chitinozoa biozonation for the Silurian. *Geological Magazine* 132 (6) : 651-666.



# LE PARC DE MIGUASHA EN GASPÉSIE : UN SITE NATUREL DU PATRIMOINE MONDIAL DE L'UNESCO AU CŒUR DE L'HISTOIRE DES POISSONS FOSSILES DU QUÉBEC

Richard Cloutier<sup>1</sup>, Sylvain Desbiens<sup>2</sup> et Marius Arsenault<sup>2</sup>

1- Université du Québec à Rimouski

2- Musée d'histoire naturelle du Parc de Miguasha

## INTRODUCTION

Le registre fossile (c.-à-d. l'ensemble des fossiles connus qui documente l'histoire de la vie) constitue une fenêtre sur l'évolution de la vie au cours des temps géologiques. La biodiversité et l'importance évolutive des espèces fossiles représentent deux perspectives caractérisant le patrimoine paléontologique. D'un part la biodiversité, c'est à dire la richesse biologique, se calcule en nombre d'espèces et démontre la diversification du vivant. D'autre part l'importance évolutive des espèces fossiles, ou la représentativité évolutive, s'exprime par la position phylogénétique des espèces dans l'arbre de la vie. Sur le territoire du Québec, le registre fossile des plantes, des invertébrés et des vertébrés démontre la biodiversité et l'importance évolutive. Toutefois, en ce qui concerne plus précisément les vertébrés fossiles, soit les animaux avec une colonne vertébrale, ce qui fait l'objet de ce chapitre, c'est principalement en terme de la représentativité évolutive qu'ils se démarquent.

La fenêtre temporelle représentée dans les roches sédimentaires du Québec nous permet de documenter une partie de l'évolution des poissons s'échelonnant entre l'Ordovicien et le Dévonien supérieur (tableau 1). Les autres vertébrés, soit les amphibiens, les reptiles, les oiseaux et les mammifères, font leur apparition dans le registre fossile seulement dans les roches plus jeunes et ne se retrouvent donc pas au Québec : il existe bien des formations carbonifères dans la partie sud de la Gaspésie, mais elles n'ont pas encore livré de fossiles de vertébrés. L'environnement de sédimentation n'a pas été favorable à leur fossilisation.

Aujourd'hui 109 espèces de poissons peuplent les lacs et les rivières du Québec. Il faut y ajouter plus d'une centaine d'espèces marines que l'on trouve dans les eaux côtières du Québec. Dans les roches du Québec, l'on dénombre environ 50 espèces de poissons fossiles. Cette faible diversité fossile est surprenante sachant que la période de temps couverte est d'environ 100 millions d'années. La superficie des terrains sédimentaires susceptibles de livrer des fossiles reste minime comparativement à la superficie totale du territoire actuel. Bien que dans l'ensemble les poissons fossiles du Québec soient peu diversifiés, il n'en demeure pas moins qu'ils documentent plusieurs étapes

cruciales de l'évolution, depuis de l'origine des vertébrés jusqu'à l'origine des tétrapodes.

Après à une brève présentation sur la distribution reconstruite des poissons fossiles, les différents assemblages fauniques seront présentés dans un ordre chronologique par période géologique. Un intérêt tout particulier sera attribué à la faune de vertébrés dévoniens de Miguasha en Gaspésie. Ce site, vieux de 370 millions d'années, est unique au Québec. Son importance, depuis longtemps reconnue dans la communauté scientifique, a été consacrée par son accession aux Sites naturels du Patrimoine mondial de l'UNESCO, le 4 décembre 1999.

## DISTRIBUTION GÉOGRAPHIQUE ET GÉOLOGIQUE DES POISSONS FOSSILES AU QUÉBEC

L'histoire paléoichthyologique du Québec est inscrite dans trois domaines géologiques différents : (1) les basses-terres du Saint-Laurent, (2) les Appalaches de la Gaspésie et (3) dans plusieurs régions où des dépôts meubles de surface des mers de Champlain et de Goldthwait sont conservés. Ce texte présentera les fossiles paléozoïques des basses-terres du Saint-Laurent et des Appalaches<sup>1</sup>.

Les calcaires de l'Ordovicien moyen des basses-terres du Saint-Laurent des régions de Montréal, Québec et Charlevoix ont livré des microrestes de poissons. Ces microrestes non visibles sur le terrain ou à l'œil nu sont découverts lorsque l'on dissout les roches carbonatées à l'aide d'une attaque à l'acide acétique ou formique. Il en est de même pour les microfossiles du Silurien inférieur retrouvés dans la région de Port Daniel, dans la Baie des Chaleurs.

Le Dévonien de la Gaspésie offre les sites les plus connus et les plus importants. Les régions de Gaspé et du centre de la péninsule gaspésienne présentent plusieurs sites du Dévonien inférieur. D'autre part, les fossiles du Dévonien supérieur de Miguasha, à l'embouchure de la baie des Chaleurs, composent certainement le site fossilifère le plus exceptionnel au Québec.

1 - Pour les dépôts du Quaternaire récent, voir l'article de Harington à la page 107.

	Âge des sites	Formations géologiques contenant des restes de poissons	Diversité des poissons (nombre d'espèces)	Localisation des sites fossilifères	Provinces géologiques
DÉVONIEN	FRASNIEN	Escuminac	20	Miguasha	Appalaches
	EMSIEN	Battery Point	15	Région de Gaspé et centre de la péninsule gaspésienne	
		York River	10		
SILURIEN	LLANDOVÉRIEN	Anse à Pierre-Loiselle	6 ou 7	Région de Port-Daniel, Baie des Chaleurs	
		Anse aux Gascons			
		Weir			
		Clemville			
ORDOVICIEN	CARADOCIEN	Leray	1 ou 2	Régions de Montréal et de Québec	Basses-terres du Saint-Laurent
		Lowville			
		Pamélia (sommets)		Charlevoix	
		Cap-à-l'Aigle			
CAMBRIEN			0		

TABLEAU 1 - Distribution des sites paléontologiques documentant la préhistoire ichthyologique du Québec au Paléozoïque.

## L'ORDOVICIEN : LA DIVERSIFICATION DES VERTÉBRÉS

À l'Ordovicien, de 510 à 436 millions d'années, la majorité des grands groupes d'invertébrés était représentée et l'organisation des mers actuelles prenait forme. Les premiers vertébrés incontestables datent de l'Ordovicien, et ils se distribueront en peu de temps à l'échelle planétaire. C'est également pendant cette période que se sont répandus les conodontes, des microfossiles en forme de denticules qui, pour certains, appartiennent à un animal disparu apparenté aux vertébrés.

L'origine des vertébrés débuta vraisemblablement au Cambrien (545 à 505 millions d'années). Outre la découverte récente de fossiles du Cambrien en Chine, fossiles pour lesquels on questionne encore leur lien de parenté avec les premiers poissons, c'est à l'Ordovicien que se sont diversifiés les premiers vertébrés représentés par des poissons sans mâchoire appelés agnathes. Ces fossiles de vertébrés ordoviciens sont représentés généralement dans le registre fossile sous forme d'écailles isolées. Toutefois, quelques spécimens presque complets ont été retrouvés en Bolivie, en Australie et dans l'Ouest des États-Unis. L'histoire paléoichthyologique du Québec commence au début du Caradocien, il y a environ 455 millions d'années, dans l'Ordovicien des basses-terres du Saint-Laurent. De minuscules écailles de l'un des plus anciens vertébrés connus, soit l'agnathe *Astraspis*, ont été extraites des formations de Pamélia, Lowville et Leray dans les régions de Montréal et de Québec (Eliuk, 1973). Des restes du même poisson ont également été signalés dans la Formation de Cap à l'Aigle

près de La Malbaie dans Charlevoix (Sinclair, 1958). Ces poissons marins, encore mal connus, vivaient sur la bordure du craton laurentien en association avec des faunes d'invertébrés constituées de coraux, de brachiopodes, de mollusques et de trilobites.

## LE SILURIEN : L'ORIGINE DES GNATHOSTOMES

Les mers du Silurien, de 436 à 410 millions d'années, se comparent à celles de l'Ordovicien. Elles comportent de grandes constructions récifales en bordure des continents. C'est au Silurien qu'apparaissent les premiers vertébrés à mâchoire ou gnathostomes. Les premiers restes incontestables de végétation terrestre font leur apparition, accompagnés des premiers arthropodes à quitter le milieu marin.

Ce sont de minuscules écailles de poissons appartenant au groupe des thélodontes, qui ont été récemment trouvées dans quatre formations du Silurien inférieur (Llandovérien) de la région de Port Daniel, dans la Baie des Chaleurs (Turner et Nowlan, 1995) : les formations de Clemville, de Weir, de l'Anse aux Gascons et de l'Anse à Pierre-Loiselle, situées à la base du Groupe de Chaleur. Outre la présence de cinq espèces de thélodontes (p. ex. *Loganellia scotica*, *L. sp. cf. L. sibirica*, *Valyalepis crista*, cf. *Helenolepis*, *Thelodus* ? sp. indet.), des écailles ainsi que des os ornements et de petites plaques osseuses d'affinité incertaine ont aussi été mentionnés par Turner et Nowlan (1995). Les thélodontes sont encore très mal connus. Ces petits poissons, au corps et à la tête entièrement recouverts de petits denticules, vivaient dans les eaux littorales à la périphérie

des mers siluriennes de la planète. Depuis quelques années, les thélodontes sont considérés comme étant un groupe de poissons s'apparentant aux premiers vertébrés avec une mâchoire, soit les gnathostomes.

Les couches à thélodontes de Port Daniel proviennent d'une sédimentation marine finement détritique. Les microrestes sont associés à des faunes marines qui comprennent des brachiopodes, des coraux, des stromatopores et des mollusques. C'est aussi dans la mer silurienne de Port Daniel que s'est développée l'une des premières grandes barrières récifales connues (Bourque *et al.*, 1986).

## LE DÉVONNIEN : L'ÂGE DES POISSONS

Le Dévonien couvre un intervalle de temps d'environ 54 millions d'années, entre 410 et 356 millions d'années. Les événements évolutifs qui ont marqué le Dévonien concernent principalement les poissons, mais impliquent aussi les plantes et les invertébrés. Parmi ces événements, il faut citer la diversification des plantes terrestres, la formation des premières forêts et la diversification des arthropodes terrestres tels les insectes, les scorpions et les araignées, l'apparition des tétrapodes et le passage du milieu aquatique au milieu terrestre chez les vertébrés.

### Dévonien inférieur

Les sites à poissons du Dévonien inférieur de la Gaspésie font partie de la puissante série détritique des Grès de Gaspé. Ces fossiles sont d'âge emsien, c'est à dire de la fin du Dévonien inférieur. Les faunes ichtyologiques des formations de York River et de Battery Point de l'Est de la Gaspésie sont les mieux connues. La Formation de York River a également donné des restes fragmentaires de poissons trouvés ailleurs en Gaspésie (Blieck et Cloutier, 2000; Desbiens, 1991).

Les Grès de Gaspé témoignent de l'évolution d'environnements deltaïques marins (Formation de York River, Desbiens, 1991) vers une sédimentation fluviale et estuarienne (Formation de Battery Point; Pageau et Prichonnet, 1976). Ils documentent la fermeture d'un ancien océan connu sous le nom de Iapétus, au cours d'une période marquée par une activité tectonique intense. Une partie de l'Europe s'est alors heurtée à l'Amérique du Nord, formant ainsi l'ancien Continent des Vieux Grès Rouges, plus récemment dénommé Euramérique.

Les faunes ichtyologiques des Grès de Gaspé sont typiquement associées à des faunes marines littorales peu diversifiées. Ces faunes étaient adaptées à des environnements saumâtres deltaïques ou estuariens, c'est-à-dire à des environnements où l'eau de mer est diluée par des apports d'eau douce du continent.

Le plus connu des horizons à poissons des Grès de Gaspé est le Membre de Cap-aux-Os de la Formation de Battery Point qui marque un retour à des influences marines. Les poissons du Membre de Cap-aux-Os et des Grès

de Gaspé se répartissent dans quatre grands groupes (Pageau, 1968 et 1969a et b; Blieck et Cloutier, 2000) : les ostéostracés, les placodermes ou poissons cuirassés, les acanthodiens ou poissons épineux et les chondrichthyens ou poissons cartilagineux. Les ostéostracés (c.-à-d. cinq espèces d'*Yvonaspis* et une espèce possible de *Cephalaspis*) sont des agnathes qui vivaient au contact du fond marin, à la base des plans d'eau. La majorité des placodermes des Grès de Gaspé sont de petites formes de l'ordre de quelques centimètres (c.-à-d. *Pageauaspis*, *Kolpaspis*, *Laurentaspis*, *Batteraspis*, *Cartieraspis* et *Phlyctaenius*) à l'exception du plus redoutable de ces poissons à carapace (c.-à-d. *Forillonaspis*), un poisson qui pouvait atteindre plus d'un mètre de longueur. Ce grand prédateur n'est toutefois connu qu'à partir de grosses plaques osseuses isolées. Les acanthodiens (c.-à-d. *Climatius*, *Mesacanthus* et *Cheiracanthus*) sont principalement présents sous forme d'aiguillons caractéristiques. D'autres types d'aiguillons sont aussi présents dans les Grès de Gaspé; il s'agit de ceux appartenant vraisemblablement à des poissons cartilagineux ou requins.

Les berges du paléo-estuaire de Cap-aux-Os étaient colonisées par des plantes vasculaires primitives, comme *Sawdonia*, *Psilophyton* et *Pertica*, lesquelles devaient former par endroits des marécages. Ces débuts de colonisation du sol par les plantes furent accompagnés des premières conquêtes animales du milieu terrestre par des arthropodes.

### Dévonien supérieur

#### *Miguasha, Site naturel du Patrimoine mondial de l'UNESCO*

Le fleuron national et international du patrimoine paléontologique du Québec est sans contredit le site fossilifère de Miguasha en Gaspésie (Schultze et Cloutier, 1996; Cloutier, 2001). Le site fossilifère de Miguasha a récemment été reconnu comme site naturel du Patrimoine mondial de l'UNESCO. La Formation d'Escuminac de Miguasha a été désignée comme étant le site paléontologique le plus représentatif de la période du Dévonien, soit l'Âge des poissons. Huit critères distinguent Miguasha de tous les autres sites ichtyologiques du Dévonien (Cloutier et Lelièvre, 1998) : (1) sa biodiversité, (2) sa représentativité faunique, (3) sa représentativité évolutive, (4) sa représentativité paléoenvironnementale, (5) sa représentativité paléobiologique, (6) la qualité de la conservation de ses fossiles, (7) l'abondance des fossiles et (8) l'importance historique du site.

#### *La biodiversité*

La renommée du site paléontologique de Miguasha est en partie attribuable à la richesse de sa faune et de sa flore. L'inventaire rassemble 7 espèces de plantes, 20 types de palynomorphes (végétaux connus uniquement sous leur forme microscopique), 70 espèces de spores, 15 genres

d'acritarches (microorganismes marins), 8 espèces d'invertébrés et 20 espèces de poissons.

#### *La représentativité taxonomique*

Les vingt espèces de poissons découvertes à Miguasha appartiennent à onze grands groupes de vertébrés inférieurs, représentant ainsi la majorité de la diversité taxonomique des vertébrés dévoniens. Deux grands groupes de poissons ont marqué de façon significative l'histoire des poissons au Dévonien, soit les placodermes [c.-à-d. *Bothriolepis* (figure 1) et *Plourdosteus*] et les sarcoptérygiens ou poissons à nageoires lobées [p. ex. *Miguashaia*, *Scaumenacia* (figure 2) et *Eusthenopteron* (figure 3)]. Ces deux groupes sont bien représentés à Miguasha surtout les sarcoptérygiens, puisque la majorité des ordres y sont présents. On y a découvert aussi deux groupes de poissons sans mâchoire ou agnathes, des acanthodiens (c.-à-d. *Diplacanthus*, *Homalacanthus* et *Triazeugacanthus*) et un actinoptérygien ou poissons osseux à nageoires rayonnées (c.-à-d. *Cheirolepis*).

#### *La représentativité évolutive*

Plusieurs événements ont marqué l'évolution de la vie au Dévonien. Sur près d'une vingtaine d'événements majeurs, quinze d'entre eux sont documentés par les fossiles de Miguasha. Plusieurs grands groupes de poissons ont leur origine au Dévonien, parmi eux les fossiles de Miguasha nous renseignent sur l'origine des poissons à nageoires rayonnées (l'actinoptérygien *Cheirolepis*), les coelacanthes (*Miguashaia*) et les elpistostégaliens (*Elpistostege*). Les coelacanthes, aujourd'hui considérés comme des fossiles vivants, sont représentés par deux espèces actuelles vivant dans l'océan Indien. Finalement les elpistostégaliens représentent certainement l'un des plus importants groupes de poissons (n'incluant que deux espèces dont l'une unique à Miguasha) dans l'histoire des vertébrés : ce groupe est à l'origine des tétrapodes, soit les premiers vertébrés à quatre pattes ayant conquis la terre ferme. En soit, la sortie des eaux chez les vertébrés, c'est-à-dire la transition du milieu aquatique au milieu terrestre, est l'un des événements évolutifs qui a marqué le Dévonien. L'étude des fossiles de Miguasha nous renseigne aussi sur l'extinction de trois groupes de poissons puisque l'on a découvert les derniers survivants des deux groupes de poissons sans mâchoires, d'une part les anaspides (*Endeiolepis* et *Euphanerops*) et d'autre part les ostéostracés (*Escuminaspis* et *Levesquaspis*), et les elpistostégaliens (*Elpistostege*).

#### *La représentativité paléoenvironnementale*

Longtemps considéré comme un milieu lacustre, les découvertes récentes convergentes vers une réinterprétation de la Formation d'Escuminac comme étant un estuaire,

c'est-à-dire un environnement intermédiaire entre un apport d'eau douce et une masse d'eau salée, en l'occurrence l'océan Rhéique (Cloutier *et al.*, 1996). Cette position géographique intermédiaire a mené à la conservation d'un assemblage tout à fait unique. Non seulement retrouve-t-on des fossiles documentant le milieu aquatique par la présence de plantes (p. ex. *Flabellifolium*), d'invertébrés (p. ex. le conchostracé *Asmusia*) et de poissons, mais la Formation d'Escuminac livre aussi des représentants de la flore continentale (p. ex. la fougère arborescente *Archaeopteris*) et de la faune d'invertébrés terrestres (p. ex. le scorpion *Petaloscorpio*). Ces caractéristiques font foi de sa richesse paléoenvironnementale.

#### *La représentativité paléobiologique*

Rares sont les exemples dans le registre fossile où les fossiles nous informent plus que sur leur anatomie. Les poissons fossiles de Miguasha font parties de ces exceptions, puisque les fossiles livrent quelques secrets sur leur mode de vie. Le régime alimentaire de plusieurs espèces de poissons dévoniens de Miguasha est connu. À titre d'exemple, des acanthodiens ont été identifiés dans le système digestif de l'ostéolépiforme *Eusthenopteron*, de petits crustacés (*Asmusia*) remplissent celui du dipneuste *Scaumenacia*, et nous savons aussi que l'actinoptérygien *Cheirolepis* pouvait être cannibale. De plus, le mode de croissance est documenté pour près de la moitié des espèces. Le mode de croissance est étudié à partir d'un ensemble de plusieurs spécimens d'une même espèce variant dans leur taille. À titre d'exemple, les plus petits boucliers osseux du placoderme *Bothriolepis* mesurent à peine 7 mm de long alors que les plus grands atteignent environ 40 cm (figure 1). Il est ainsi possible de décrire la croissance de ces poissons éteints depuis 370 millions d'années.

#### *La qualité de la conservation des fossiles*

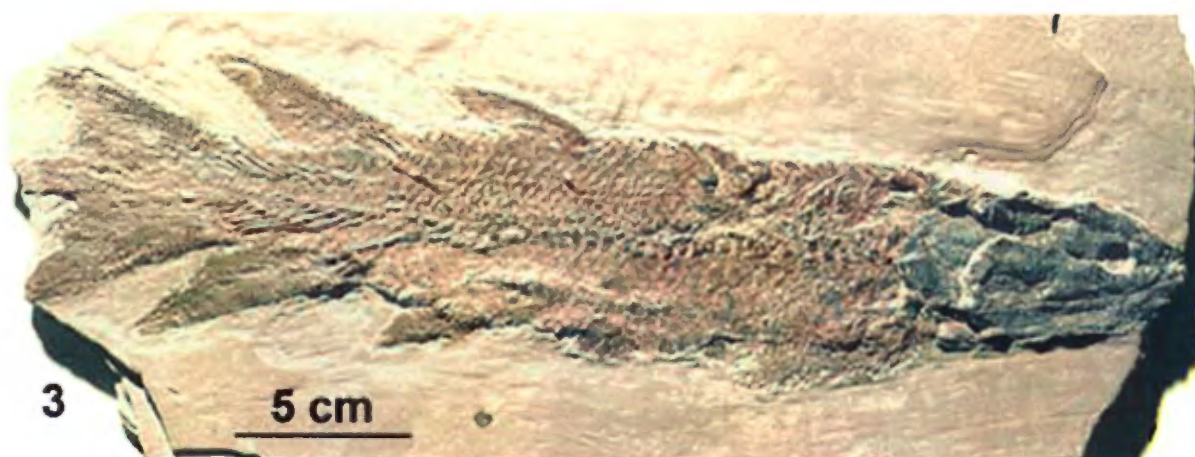
Tous les autres sites paléozoïques du Québec et la majorité des sites à vertébrés du Dévonien ont livré des fragments de poissons ou des microrestes. La majorité des poissons fossiles de Miguasha sont articulés et complets. Non seulement les fossiles sont complets, mais occasionnellement des parties molles des poissons, généralement décomposées lors de la fossilisation, sont préservées. À titre d'exemple, les traces de vaisseaux sanguins d'un *Bothriolepis* ont récemment été découvertes. De plus, bien que la plupart des poissons soient compressés latéralement lors de la fossilisation, certains horizons fossilifères recèlent des spécimens conservés en trois dimensions. Pour toutes ces raisons et quelques autres, le site fossilifère de Miguasha est considéré comme étant l'un des rares *Lagerstätten* du Dévonien, c'est à dire un site à conservation exceptionnelle.



**FIGURE 1** - Poissons fossiles dévoniens de la Formation d'Escuminac, Miguasha, Gaspésie : série de cinq spécimens du placoderme *Bothriolepis canadensis* montrant la variation de la taille des poissons. Chacun des fossiles montre la vue dorsale du poisson.



**FIGURE 2** - Poisson fossile dévoniens de la Formation d'Escuminac, Miguasha, Gaspésie : spécimen complet du dipneuste *Scaumenacia curta* montrant la qualité de la conservation.



**FIGURE 3** - Poisson fossile dévoniens de la Formation d'Escuminac, Miguasha, Gaspésie : spécimen complet de l'ostéolépiforme *Eusthenopteron foordi*, espèce longtemps considérée comme étant le chaînon intermédiaire entre les poissons et les premiers tétrapodes.

### *L'abondance des fossiles*

Les inventaires récents des collections américaines et européennes ont mené à un dénombrement d'environ 15 000 spécimens de poissons fossiles de la Formation d'Escuminac (Parent et Cloutier, 1996; Cloutier et Lelièvre, 1998). La collection du Parc de Miguasha comprend près de 8 000 fossiles de poissons de la Formation d'Escuminac. Les fouilles saisonnières permettent d'enrichir la collection de près de 500 nouveaux spécimens annuellement.

### *L'importance historique du site*

La découverte des premiers fossiles à Miguasha revient au géologue néo-brunswickois Abraham Gesner, en 1842. Entre 1879 et 1881, la Commission géologique du Canada organisa plusieurs expéditions. Les poissons fossiles récoltés ont été remis à J.F. Whiteaves (1881) alors que les plantes furent données à Sir William Dawson (1882). Ces deux chercheurs sont des pionniers de la paléontologie au Canada. Dès la fin des années 1880 et jusqu'aux années 1940, certains des plus grands noms américains, britanniques et suédois de la paléontologie sont venus explorer les falaises de Miguasha. Grandement aidée par les fossiles de Miguasha, l'école de paléontologie suédoise a formé, entre les années 1930 et 1970, plusieurs célèbres paléoichthyologistes qui ont travaillé sur les poissons de la Formation d'Escuminac. Les découvertes effectuées sur la faune et la flore de Miguasha ont souvent été au centre de débats sur les patrons et processus évolutifs.

### **Miguasha, un parc de conservation**

En vertu de la Loi sur les parcs, le gouvernement du Québec s'est donné le mandat de créer des parcs de conservation dont l'objectif prioritaire est d'assurer la protection permanente de territoires représentatifs des régions naturelles du Québec ou des sites à caractère exceptionnel tout en les rendant accessibles au public pour des fins d'éducation et de récréation. C'est dans une optique de conservation et de mise en valeur, qu'à la suite d'audiences publiques, le site fossilifère de Miguasha est devenu officiellement un des parcs du réseau québécois en janvier 1985.

Depuis sa création, le Parc de Miguasha a su maintenir des associations avec de nombreux chercheurs et institutions à travers le monde. Il a accueilli, à l'été 1991, 63 paléontologues provenant d'une quinzaine de pays, dans le cadre du *VII<sup>e</sup> Symposium international sur l'étude des vertébrés inférieurs*. Depuis 1980, près de 100 publications scientifiques traitant ou faisant référence aux poissons fossiles de Miguasha ont été écrites par des paléontologues, géologues et biologistes québécois et d'autres pays.

La reconnaissance dont jouit le site fossilifère de Miguasha lui assure une pérennité à l'échelle mondiale. Elle impose également des normes de qualité à l'ensemble du Parc, qui voit son mandat de conservation élargi au bénéfice de

l'ensemble de l'humanité. Le Parc de Miguasha a un rôle international de conservation patrimoniale, de mise en valeur et de recherche fondamentale. D'étroits liens en recherche se tissent maintenant entre le Parc de Miguasha et l'Université du Québec à Rimouski.

### **CONCLUSIONS**

Les sites paléoichthyologiques québécois du Paléozoïque offrent la possibilité d'accroître nos connaissances sur l'évolution des vertébrés, et plus particulièrement sur l'histoire des poissons. Malgré la rareté des sites fossilifères associés à des faunes de poissons (à peine une quinzaine), la faible biodiversité paléoichthyologique représentée au Québec (une cinquantaine d'espèces) et la fenêtre temporelle limitée (Ordovicien moyen au Dévonien supérieur), le Québec bénéficie d'un patrimoine paléontologique riche en information à ce chapitre. Le Parc de Miguasha est sans contredit un site exceptionnel tant par son unicité et sa représentativité paléontologique que par l'expertise qu'il permet de développer pour la conservation du patrimoine géologique du Québec. À ce jour, seulement huit sites paléontologiques ont été reconnus comme sites naturels du Patrimoine mondial de l'UNESCO et Miguasha en fait partie.

### **RÉFÉRENCES**

- BLIECK, A. - CLOUTIER, R., 2000 - Biostratigraphical correlations of Early Devonian vertebrate assemblages of the Old Red Sandstone Continent. *Courier Forschungsinstitut Senckenberg*, 223: 223-270.
- BOURQUE, P.-A. - AMYOT, G. - DESROCHERS, A. - GIGNAC, H. - GOSSELIN, C. - LACHAMBRE, G. - LALIBERTÉ, J.-Y., 1986 - Silurian and Lower Devonian reef and carbonate complexes of the Gaspé basin, Quebec - A summary. *Bulletin of Canadian Petroleum Geology*, 34: 452-489.
- CLOUTIER, R., 2001 - *Le parc de Miguasha : de l'eau à la terre*. Publications MNH inc., Collection *In Situ* no 3., 141 p.
- CLOUTIER, R. - LELIÈVRE, H., 1998 - Étude comparative des sites fossilifères du Dévonien. Gouvernement du Québec, Ministère de l'Environnement et de la Faune, 88 p.
- CLOUTIER, R. - LOBOZIAK - S., CANDILIER, A.-M. - BLIECK, A., 1996 - Biostratigraphy of the Upper Devonian Escuminac Formation, eastern Québec, Canada: a comparative study based on miospores and fishes. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 93: 191-215.
- DAWSON, J.W., 1882 - The fossil plants of the Erian (Devonian) and Upper Silurian formations of Canada. *Geological Survey of Canada*, Pt 2 : 91-142.
- DESBIENS, S., 1991 - Le complexe deltaïque de la Formation de York River (Dévonien inférieur) de la région de Gaspé : paléocologie et biostratigraphie. Thèse de doctorat présentée à la Faculté des études supérieures de l'Université de Montréal, 281 p.
- ELIUK, L.S., 1973 - Middle Ordovician fish-bearing beds from the St. Lawrence Lowlands of Quebec. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 10: 954-960.

- PAGEAU, Y., 1968 - Nouvelle faune ichthyologique du Dévonien moyen dans les Grès de Gaspé (Québec). I. Géologie et écologie. *Le Naturaliste canadien*, 95: 1459-1497.
- PAGEAU, Y., 1969a - Nouvelle faune ichthyologique du Dévonien moyen dans les Grès de Gaspé (Québec). II. Morphologie et systématique. Première section – A. Euryptérides, B. Ostracodermes, C. Acanthodiens et sélaciens. *Le Naturaliste canadien*, 96: 399-478.
- PAGEAU, Y., 1969b - Nouvelle faune ichthyologique du Dévonien moyen dans les Grès de Gaspé (Québec). II. Morphologie et systématique. Deuxième section – Arthrodire : Dolichothoraci. *Le Naturaliste canadien*, 96: 805-889.
- PAGEAU, Y. - PRICHONNET, G., 1976 - Interprétation de la paléontologie et de la sédimentologie d'une coupe géologique dans la Formation de Battery Point (Dévonien moyen), Grès de Gaspé. *Le Naturaliste canadien*, 103: 111-118.
- PARENT, N. - CLOUTIER, R., 1996 - Distribution and preservation of fossils in the Escuminac Formation. Pp. 54-78. Dans H.-P. Schultze et R. Cloutier (éds.) *Devonian Fishes and Plants of Miguasha, Quebec, Canada*. München, Verlag Dr. Friedrich Pfeil.
- SCHULTZE, H.-P. - CLOUTIER, R. (éditeurs), 1996 - *Devonian Fishes and Plants of Miguasha, Quebec, Canada*. Verlag Dr. Friedrich Pfeil, München. 374 p.
- SINCLAIR, G.W., 1958 - Occurrence of fish in the Ordovician of Canada. *Bulletin of the Geological Society of America*, 69: 1644.
- TURNER, S. - NOWLAN, G.S., 1995 - Early Silurian microvertebrates of eastern Canada. *Bulletin du Muséum Histoire Naturelle de Paris*, 4<sup>e</sup> série, 17: 513-529.



## LES PALÉONTOLOGUES AMATEURS AU QUÉBEC : ÉTAT DE LA SITUATION ET LEUR AVENIR

**Albert Cornu**

*Club de minéralogie de Montréal*

Il serait pertinent dans un premier temps d'énumérer brièvement quelques aspects descriptifs de la paléontologie amateur, d'en exposer la problématique pour ensuite essayer d'en apporter une vision d'avenir.

### ALORS QUI SONT CES PALÉONTOLOGUES AMATEURS? QU'EST-CE QUI LES MOTIVE?

Il est très difficile de comptabiliser les amateurs de paléontologie au Québec. Ils sont de tout âge, de 7 à 77 ans, du tout jeune enfant à des universitaires de carrière, de toutes les professions. En fait, toute personne curieuse et intéressée par les fossiles et par les sciences de la Terre, du néophyte au collectionneur expérimenté, de l'étudiant au professeur; il n'y a pas de paléontologue amateur type. Certains s'y intéressent de façon ponctuelle, d'autres en font une activité scientifique régulière.

L'intérêt passager se manifeste par exemple lors d'un voyage, à l'occasion de visite d'un centre d'interprétation comme celui de Mingan ou de Percé ou encore par la découverte d'un spécimen fossile. Des jeunes feront un travail de recherche scolaire sur les dinosaures. D'autres prolongeront leur intérêt en devenant collectionneur, en se documentant sur le sujet et même en cherchant à joindre les rangs d'un organisme de loisir scientifique.

Au cours des dernières années, les nouvelles découvertes, de nombreux films, reportages et émissions scientifiques sur les dinosaures (entre autres) ont contribué à créer un engouement pour la paléontologie; non seulement chez les enfants, chez les adultes et chez les amateurs mais aussi chez plusieurs paléontologues professionnels en les mettant à contribution.

Certains amateurs s'intéressent à la paléontologie, de façon accidentelle, par la découverte de spécimens sur leur terrain ou près de chez eux. Attirés par la forme de la roche ou son esthétique ou une chose bizarre imprimée dans la pierre, plusieurs recueillent les pièces trouvées. Certains organiseront par la suite leurs découvertes, tandis que d'autres les empileront ou leur trouveront une utilité autre, pour décorer la bibliothèque, ou l'aménagement paysager près de leur maison, ou bien encore les laisseront dormir tout simplement au fond du garage. Les intérêts en sont très variés. Certains accumulent une variété de spécimens, d'autres structurent leurs recherches, d'autres encore veulent approfondir leurs connaissances en ce domaine.

L'adulte curieux s'informerait (bibliothèque, internet, etc.) mais peu de documents locaux de paléontologie sont à la disposition du grand public. Où peut-on se procurer la liste des fossiles que l'on trouve dans la région? L'amateur cherchera alors un organisme, une université près de chez lui ou dans sa région, pour répondre à sa question. Mais souvent c'est peine perdue. Les plus choyés sont les amateurs des grands villes où sont localisés les organismes existants. Alors certains clubs ou musées parviennent à répondre aux besoins de ces amateurs. Une des questions souvent posée : « où se situe le Musée de Paléontologie et de l'Évolution? ». La réponse est très décevante : « Nous existons depuis cinq ans mais nous n'avons pas de local fixe et nos collections sont éparpillées dans plusieurs maisons »

Les regroupements d'amateurs sont pour la plupart sans but lucratif. Il existe au Québec quelques clubs de minéralogie dont quelques membres s'intéressent à la paléontologie. Deux ou trois organismes ont une vocation orientée surtout vers la paléontologie et, selon leurs particularités, les objectifs peuvent varier. La mission va du désir de regrouper les amateurs et les professionnels ...jusqu'à la recherche, la promotion et la vulgarisation de la paléontologie, des sciences de la Terre et de l'évolution en général. Pour ce faire, divers moyens et activités sont proposés à leurs membres et parfois au grand public.

### QUELQUES OBJECTIFS DES ORGANISMES DE LOISIR SCIENTIFIQUE.

Un premier objectif est de permettre aux gens de se rencontrer régulièrement, de partager et d'échanger leurs connaissances, leurs expériences, leurs spécimens et leurs informations. Certains le feront dans un local permanent, d'autres dans des locaux de fortune ou dans des maisons privées.

La plupart des organismes ont des activités similaires : des sorties de terrain, des conférences, des cours, des séances d'ateliers. Parmi ceux qui possèdent un local, on retrouve des bibliothèques bien fournies en livres, revues, rapports géologiques, cartes et autres documents; parfois on y retrouve un système informatique, des ateliers avec équipement pour la préparation des spécimens. Selon les organismes, les collections sont plus ou moins structurées. Les sorties de terrain peuvent être de niveaux différents, allant du simple ramassage de fossiles aux prélèvements systématiques.

Selon les objectifs des organismes, des expositions peuvent être mises de l'avant en collaboration avec d'autres institutions.

### QUE DIRE DES COLLECTIONS AMASSÉES?

À quelques exceptions près, les collections des amateurs du Québec sont pour la plupart des collections individuelles privées. Quelques organismes possèdent l'espace et les facilités requises pour conserver ces collections mais, règle générale, les collections accumulées sont réparties dans les maisons des membres ou dans des endroits d'entreposage. Rares sont les collections localisées au même endroit. Mais on doit noter que certaines collections ou parties de collections sont très bien classées et bien documentées.

Les collections sont de tous types. La plupart sont plus ou moins bien organisées faute d'espace, de techniques de classement ou de ressources. Plusieurs se résument à un ensemble de sacs avec, comme simple information, un bout de papier mentionnant la date et le lieu de la cueillette, ne disposant en vitrine uniquement les spécimens exceptionnels. D'autres, par contre, ont eu le temps, les moyens, les connaissances pour documenter leurs spécimens, voire même informatiser le tout. Plusieurs amateurs sont très majoritairement des collectionneurs, d'autres ne conservent que très peu de spécimens, se consacrant surtout à l'étude de la paléontologie et de l'évolution.

Les buts des collectionneurs varient aussi énormément. Certains recherchent les spécimens d'un seul type de faune, travaillent uniquement sur un ou quelques sites locaux; enfin, certains ont tous les spécimens d'un site (ou presque), d'une période, d'un groupe ou d'une formation. D'autres amateurs collectionnent les micro-fossiles, les petits spécimens ou encore les plus spectaculaires; ou encore des spécimens remarquables de sites renommés, un ou des spécimens représentatifs de chaque groupe d'organismes et des moulages. Plusieurs ramassent tout ce qu'il trouvent dans un but d'échange ou de vente mais ceci surtout en fonction des espaces d'entreposage disponibles. Quelques organisations parviennent à se procurer, par découverte lors d'excursions, par don, par échange ou achat, des spécimens remarquables par leur rareté ou par leur qualité de préservation. De nombreux spécimens trouvés sont uniques, voire même de nouvelles espèces non décrites. Quelques amateurs possèdent tous les représentants (ou presque) décrits de la faune de certaines formations.

Les spécimens proviennent principalement de prélèvements effectués lors d'excursions organisées. Les amateurs sont à l'affût de toute nouvelle excavation, de travaux routiers ou autres, de falaises de bord de mer ou de rivière, de carrières. Aussitôt le nouveau site découvert, certains gardent l'emplacement secret, d'autres partagent la nouvelle et y retournent en groupe, profitant de l'occasion d'accès parfois très temporaire. S'ils font partie d'un organisme, il leur sera plus facile d'y avoir accès, d'obtenir l'aide, les opinions et les conseils des autres membres.

Certains sites permettent une collecte régulière mais nécessitent des autorisations qui seraient impossible sans l'intervention d'une organisation reconnue et sans assurance responsabilité. Il faut souligner aussi que des sites sont littéralement vidés de leurs spécimens faute de concertation entre les organisations.

Les spécimens proviennent aussi d'échanges entre les membres, d'achats locaux ou de l'étranger, d'encans et de salons d'exposition. Dans ces foires, il est rare de trouver des spécimens locaux : peut-être qu'un gastropode de l'Ordovicien est moins recherché qu'une dent de dinosaure! Par contre, les spécimens locaux sont surtout échangés ou vendus entre individus expérimentés. Certains échantillons, parfois d'une grande valeur ou d'une grande rareté, sont ramassés exclusivement pour usage personnel. D'autres y verront l'occasion d'un avantage pécuniaire. Ces fonds permettent alors l'échange ou l'achat de raretés pour compléter une collection. Quelques spécimens prendront la voie des airs vers un autre continent privant ainsi la communauté québécoise et canadienne d'une partie du patrimoine.

### LES DIFFICULTÉS DES AMATEURS...

Les paléontologues amateurs ont énormément de contraintes. Signalons-en quelques unes en essayant de proposer quelques avenues de solution.

Les regroupements amateurs sont, pour la plupart, des organismes sans but lucratif. Pour survivre, ils doivent se financer à même les contributions des membres, solliciter le grand public et les gouvernements pour des subventions.

Une des difficultés vient du fait que le membership d'une organisation fluctue continuellement. Les membres ont des intérêts et une disponibilité très variables et participent aux activités du groupe de façons différentes. Certains sont actifs durant quelques mois, voire le temps d'une cotisation annuelle, d'autres quelques années. Certains sont intéressés par une ou des sorties, d'autres par les conférences, etc. Quelques-uns demeureront sur place comme bénévoles en devenant animateur ou administrateur. Quelques personnes quittent les rangs faute de pouvoir obtenir l'aide ou la réponse à leur besoin, dû au manque de personnes-ressources qualifiées et au manque de disponibilité de celles-ci puisque la très grande majorité des activités des organismes se font le soir ou la fin de semaine. Les personnes ressources existantes, n'ayant pas beaucoup de relève, s'essoufflent elles aussi et s'effacent graduellement.

Identifier un fossile nécessite la cueillette d'informations sur la localisation exacte de son prélèvement dans la colonne stratigraphique pour en déterminer l'âge et l'espèce. Pour ce faire, des connaissances et des techniques sont essentielles. Les amateurs n'ont pas toujours l'expertise nécessaire à ce travail. Il serait souhaitable, voire primordial de pouvoir compter sur la collaboration et l'échange de connaissances entre les amateurs des quelques organis-

mes amateurs au Québec et les professionnels. Sans ces informations et ces conseils, plusieurs amateurs sont démotivés devant l'absence de ressources pour identifier leurs trouvailles. Parfois un simple conseil, un simple truc viendrait relancer la flamme de cette passion. De plus, un accès à des travaux de recherche viendrait faciliter grandement les recherches des amateurs.

## QUELQUES SOLUTIONS À PROPOSER

Certains jalons sont déjà tracés :

a) Une expérience enrichissante a eu lieu l'automne dernier lors d'une tournée de sites quaternaires de la région. Cette excursion a permis de regrouper deux professeurs de deux universités, des étudiants universitaires, des dirigeants du Musée de Paléontologie et de l'Évolution, de plusieurs de leurs membres ainsi que des amateurs du grand public.

b) Des professeurs de plusieurs universités, professeurs retraités se joignent au rang d'organismes comme le musée dans le but d'y apporter leur collaboration.

D'autres expériences pourraient être tentées : par exemple, des travaux pratiques d'étudiants universitaires pourraient être jumelés aux travaux de recherche de certains organismes. Des sessions ou certains cours pourraient être offerts en collaboration. La documentation et certains résultats de recherche pourraient être rendus disponibles via ces mêmes organismes.

Les jeunes sont les meilleurs éléments de la relève. L'engouement pour les fossiles se remarque dans les sujets de leurs travaux de recherche. Les personnes-ressources (les enseignants) sont très peu nombreuses et la documentation peu accessible. En effet, la paléontologie, la minéralogie, la géologie font piètre figure dans le curriculum de la formation des futures enseignantes et enseignants du primaire et du secondaire. Des recommandations et une sensibilisation pourraient être entreprises en ce sens.

Le nombre d'amateurs, quelques centaines au Québec, dépasse largement le nombre de professionnels de la paléontologie. Ils sont donc plus nombreux à arpenter le territoire. Ils pourraient servir de guide et collaborer à plusieurs travaux de recherche. Lors d'excursions organisées par les organismes, plusieurs membres ont contribué à l'avancement de la science par leurs découvertes.

Quelques amateurs chanceux, avec l'aide d'un professionnel, ont pu participer à la démarche de préparation, d'identification et de publication; pensons à des noms comme Plourde, Pellerin, Iallamo, Morin, Cornu, Gagnon, Labonté, BarKeley, Chartier, Cournoyer et bien d'autres pour leurs travaux effectués dans l'ombre, pour leurs dé-

couvertes et leurs recherches. Certains chanceux voient même leur nom associé à une nouvelle espèce ou sont cités dans des études publiées. Plusieurs autres découvertes aussi font présentement l'objet d'études; mais de nombreuses autres restent dans l'oubli. Des occasions de rencontres comme celle d'aujourd'hui pourrait permettre un arrimage fructueux de collaboration entre institutions d'amateurs et les professionnels, ne serait-ce qu'en montrant l'existence et les difficultés de ces institutions.

Une autre action importante menée par les amateurs en est une de gardien et de surveillance des sites de fouille. En effet, de nombreux sites ont été mis en valeur et protégés grâce au travail de sensibilisation réalisé par des amateurs auprès des propriétaires de terrain.

## EN CONCLUSION

Tel que mentionné plus haut, un empêchement majeur au développement et à l'épanouissement des organismes est la possibilité d'utiliser des locaux adéquats. Il y a actuellement une tendance de la part des gouvernements municipaux à majorer de façon exorbitante la facture du loyer de nombreuses organisations à caractère culturel, sportif ou scientifique. En exemple : dernièrement, il a fallu des mouvements de pression pour obtenir un moratoire d'un an sur l'augmentation du loyer pour les organismes de loisir de Ville de Laval. Hélas, ce n'est que partie remise. Plusieurs organismes n'y survivront pas.

Le fameux local, que toute organisation souhaite avoir, a pour objectif de faciliter les rencontres, les discussions et l'animation et enfin l'aménagement d'ateliers ou d'un centre de documentation. Les collections pourraient ainsi être regroupées, exposées et documentées.

Toutes les difficultés mentionnées sont sans doute liées à l'absence d'un musée d'envergure nationale où seraient regroupées les collections paléontologiques de références ainsi que la documentation, et où des expositions permanentes feraient connaître les vestiges de l'histoire géologique du Québec au grand public. Avec la fermeture des départements des sciences de la Terre de nos universités, le manque de relève ainsi que le manque d'encadrement et de partenariat avec des professionnels, les amateurs de paléontologie et leurs regroupements auront beaucoup de difficultés à prendre leur essor et même à survivre, malgré certaines actions isolées remarquables.

C'est l'occasion aujourd'hui de faire connaître les problèmes des amateurs et de créer un partenariat entre tous les intéressés à la paléontologie.



## LES VERTÉBRÉS DU QUATÉNAIRE DU QUÉBEC : UN RÉSUMÉ

### QUATERNARY VERTEBRATES OF QUÉBEC: A SUMMARY

Charles R. Harington

*Musée canadien de la Nature / Canadian Museum of Nature*

Depuis l'annonce par Per Kalm (1749) de la découverte d'un squelette de baleine dans les plaines du Saint-Laurent, les mammifères marins ont joué un rôle primordial dans la reconstitution de l'histoire des vertébrés du Quaternaire au Québec. De nombreux autres restes de mammifères marins, reliques de la Mer de Champlain (environ 12 000 à 10 000 ans avant aujourd'hui) ont depuis été découverts dans les régions de Montréal et d'Ottawa. Des concrétions d'argile calcaires provenant de sites près d'Eardley et Breckenridge, ainsi que de Green Creek, à l'est d'Ottawa, ont également préservé les restes de poissons et d'oiseaux. Des prélèvements récents, aux environs de Saint-Nicolas et Saint-Césaire, ont fourni un échantillonnage prometteur de poissons, d'oiseaux, de phoques, de morses et de bélugas. Parmi les spécimens spectaculaires découverts dans les dépôts de la Mer de Champlain, il faut noter le magnifique squelette du rorqual commun de Daveluyville, le squelette presque complet d'un phoque annelé dans la région de Hull, ainsi que le petit squelette d'une grenouille léopard préservé dans un nodule d'Eardley.

Je soupçonne que la faune fossile de cavernes jouera un rôle grandissant dans l'étude de l'évolution faunique quaternaire au Québec. Les découvertes de Saint-Elzéar, de Bonaventure, celles des cavernes Trou Otis et Spéos de la Fée près de La Rédemption, en Gaspésie, ainsi que les cavernes Mine et La Flèche dans la région de Gatineau, ont déjà fourni un aperçu fascinant de cette période.

La dent d'un mastodonte retrouvée au Lac-Saint-Jean est le seul spécimen de mégafaune terrestre éteinte recueilli au Québec à ce jour. La datation au radiocarbone de cette dent pourrait permettre de valider l'une ou l'autre des hypothèses émises sur la dispersion de ces mammifères dans l'est de l'Amérique du Nord. Quant aux grands mammifères qui survécurent aux extinctions glaciaires tardives, un fragment de panache trouvé par Jean-Claude Dionne dans une gravière de la moraine de Saint-Antonin a permis d'établir que le caribou occupait la région de Rivière-du-Loup au Wisconsinien moyen, il y a  $40\,640 \pm 420$  ans (TO-3714).

Marine mammals have played a prominent part in the Quaternary vertebrate history of Québec since Per Kalm's (1749) mention of a whale skeleton found inland from the St. Lawrence River. Many other records of Champlain Sea (about 12,000-10,000 years ago) marine mammals have come from the Montréal and Ottawa (where finds in calcareous clay nodules of fish and bird remains, besides those of marine mammals have come from sites near Eardley and Breckenridge, as well as Green Creek, Ontario just E of Ottawa) areas. Recent collecting near Saint-Nicolas and Saint-Césaire has yielded interesting fish, bird, seal, walrus and white whale remains. Some outstanding specimens of Champlain-Sea age are: the magnificent common finback whale skeleton from Daveluyville; a virtually complete skeleton of a ringed seal from the vicinity of Hull; and another (much smaller) skeleton of a leopard frog from a nodule at Eardley.

I suspect that cave faunas will become increasingly important in sorting out the Quaternary faunal sequence in Québec: the finds from Sainte-Elzéar-de-Bonaventure, two caves near La Rédemption (Trou Otis and Spéos de la Fée) in Gaspé, as well as Mine Cave and La Flèche Cave in the Gatineau, have already yielded fascinating insights.

An American mastodon tooth from Lac-Saint-Jean is the only representative of the extinct megafauna that I am aware of, from Québec. When radiocarbon dated, it may be of key importance in testing hypotheses concerning the dispersal of that species in eastern North America. Where large mammals that survived the late-glacial extinctions are concerned, caribou occupied the Rivière-du-Loup area in Mid-Wisconsinan time [ $40,640 \pm 420$  BP (TO-3714)], according to a partial antler collected by Jean-Claude Dionne from a gravel pit opened into the St. Antonin moraine.



# PRECAMBRIAN FOSSILS IN QUÉBEC

Hans J. Hofmann

Université McGill

## INTRODUCTION

The greatest portion of Québec's vast territory is underlain by ancient rocks. These were formed during the early and middle part of the Earth's history, the geologic eon referred to as the Cryptozoic or Precambrian that ended about 543 million years ago. Most of the rocks have experienced deep burial in the earth, and have been squeezed and changed by heat and pressure; others have solidified from magma. However, some of the rocks that formed at the surface of the earth and have escaped deep interment and remained relatively unscathed through time. These were laid down as sediments in the shallow as well as deeper parts of the ocean, and, in the process entombed a variety of primitive organisms that lived in the sea and on the sea bottom.

Through extremely long periods of erosion, amounting to hundreds, even thousands of millions of years, the once buried rocks have now reappeared at the surface, delivering the fossils from their grave. Today we can see and study these remains in the limestones, shales, and other rock types in several regions of the province. Where are these localities? How old are these? What do some of these

fossils look like? What types of organisms are represented? What should be done to preserve the scientific and cultural heritage? These are some of the questions briefly addressed in this note. The background information, and references on Precambrian fossils in Québec, and in North America in general, can be found in Hofmann (1998).

## OCCURRENCES

The distribution of occurrences of Québec's ancient fossils in space and time are presented in Figures 1 and 2, respectively, and some of the forms are illustrated in Figures 3-6.

The first Precambrian "fossils" were reported in the 1850s from marbles (metamorphosed limestones and dolostones) in the Laurentians west of Montréal, in rocks comprising the Proterozoic Grenville Supergroup (G on Figure 1). These remains are of historical interest, because they were originally thought to be fossils, the oldest known. The controversial structures appear as rhythmically banded deposits of two alternating mineral layers about a millimetre or so thick, usually calcite (calcium carbonate) and serpen-

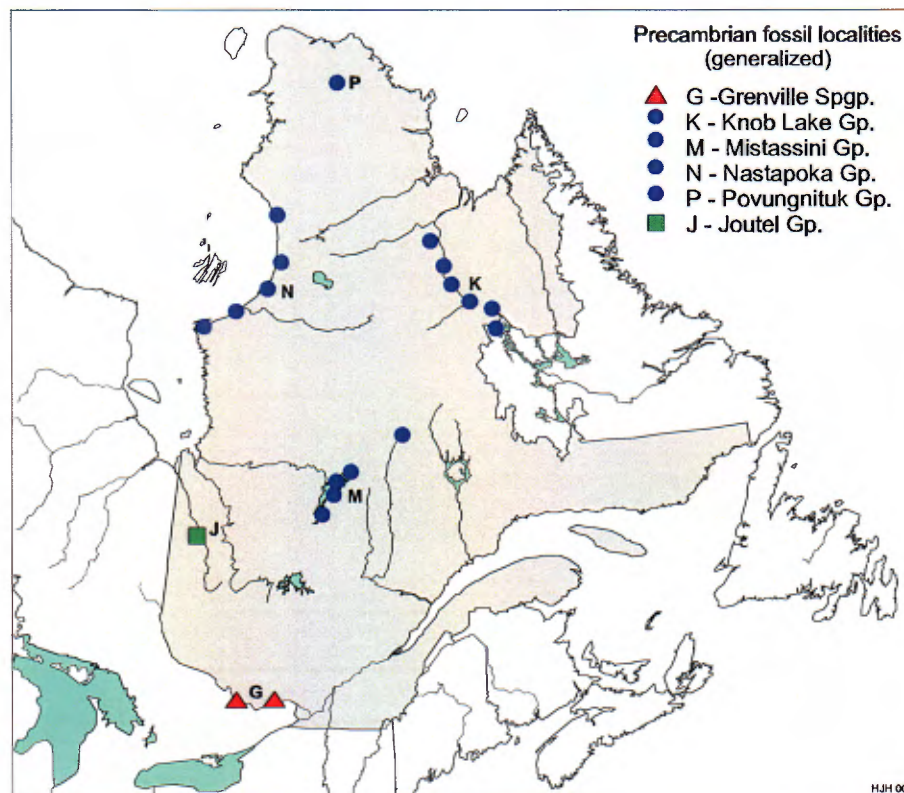


FIGURE 1 - Geographic perspective - areas with reported Precambrian fossil remains.

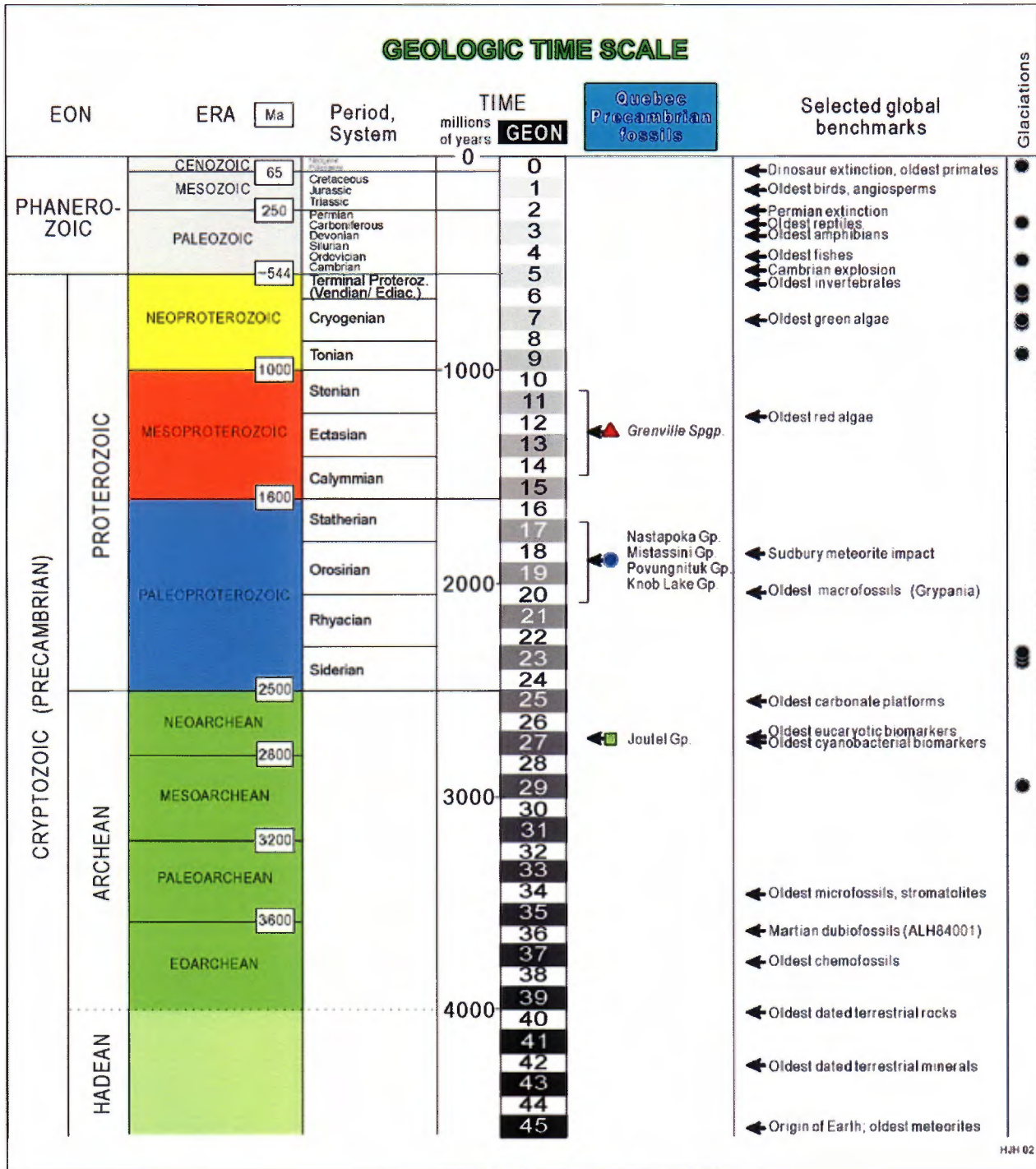


FIGURE 2 - Chronologic perspective of Precambrian fossils in Québec.

tine (hydrous magnesium silicate) (Figure 3). They were found during the early stages of geologic mapping by the Geological Survey of Canada. Paleontologist William Dawson, Principal of McGill University, studied these remains, considering them to be giant foraminiferans, and naming them *Eozoon canadense* (“dawn animal of Canada”; Dawson, 1864) These structures were immediately of wide interest, their description coming on the heels of the publication of Darwin’s *Origin of Species*. The find started a long controversy, with Dawson as chief champion for the biologic nature, and opponents who saw these structures as chemical in origin. (Note that this controversy is reminiscent of the recent debate about the true nature of the supposed biogenic microstructures in the ALH84001 meteorite, believed to have been derived from Mars. The *Eozoon* controversy was eventually settled in favour of abiologic origin; it appears likely that this is the case also for the meteorite dubiofossils.) The *Eozoon* structures are due to metamorphic effects when siliceous limestone and dolostone undergo



**FIGURE 3** - Specimen of the notorious *Eozoon canadense*, showing alternating layers of serpentine (dark) and calcite (light). From contact metamorphic zone in marble of Grenville Supergroup, 8 km S of Côte-St-Pierre, 16 km NNW of Papineauville. Scale at bottom is in mm.



**FIGURE 4** - Blocks of columnar stromatolites (*Mistassinia*) in dolostone of basal part of Mistassini Group, on northwest shore of L. Mistassini. Metre-long scale is graduated in decimetres.

changes in pressure and temperature upon burial and subsequent unroofing (Trzcienski et al., 1998). Although *Eozoon* is now considered a pseudofossil (false fossil), the 19th century controversy is of more than historical interest, because it focussed attention of paleontologists onto the older geologic record, eventually resulting in many discoveries of real fossils in North America and elsewhere.

The first real Precambrian fossils were found by the early explorers on the east coast of Hudson Bay and in the interior of Ungava (e.g., Low, 1886, 1903), and include carbonaceous films and internally laminated structures now known as stromatolites (Figure 4). These occurrences are part of what now constitute the most extensive exposures of fossiliferous Precambrian rocks in the province, which are located in 3 main sedimentary belts. The areas are identified by their respective letters on Figure 1: the Mistassini Group (**M**) in the Lake Mistassini area, the Knob Lake Group (**K**) in the Labrador Trough, and the Nastapoka Group (**N**) on the east coast of Hudson Bay. All three rock packages date from the Proterozoic, and are between ~2100 and ~1000 million years old (Figure 2).

A fourth Proterozoic occurrence is in the Povungnituk Group (**P**) of northern Ungava (now Nunavik); it is very localized, and, as yet undescribed. Descriptions of some of the stromatolites in the Mistassini Group are given in Hofmann (1978), those in the Nastapoka Group in Hamel (1985), and those in the Knob Lake Group in Donaldson (1963); microfossils in the Knob Lake Group are described in Knoll et al. (1981), and carbonaceous films in Stinchcomb et al. (1965) and Hofmann (1971).

A third area, also very restricted in extent, is near Joutel, north of Val d’Or, in the Joutel Group (**J**). It was discovered by geologists on a field trip to an exploration site that had been stripped of overburden by a mining company. The locale contains Québec’s oldest fossils (Hofmann and Masson, 1994), and is thus a unique and particularly important site to be considered for preservation in terms of scientific and historical heritage. The fossils include peculiar conically layered stromatolites (Figure 5) that are preserved



**FIGURE 5** - Section of one of blocks from Figure 4, showing different types of internal laminae in *Mistassinia*. Scale in cm and mm.

in large blocks of limestone and dolostone. They accumulated near sea level, on the flanks of a 2730-2720-million-year-old volcano, and subsequently slid down its slope and came to rest in deep water. Similar conically laminated stromatolites are known from approximately coeval rocks in the Wawa area of Ontario, and in South Africa and Australia. A large polished slab from the Joutel occurrence has been mounted in a special exhibit at the Montréal Biodome. The specimens were studied most recently by Méthot (1998). Another possible Archean stromatolite occurrence nearby, as yet unconfirmed, is in carbonates of the Selby Mine area northwest of Joutel (Cormier, 1996; Digonnet *et al.*, 1997).

**Special note: The Joutel occurrence is in imminent danger of being obliterated, because of provincial mining regulations that call for the ground be restored to its original appearance after exploration ceases. Thus, protection of the site (which requires leaving the stripped area open to access) is in direct conflict with existing legislation related to mining. If the site is to be preserved, and kept accessible to future generations, a special exemption is urgently required, before the exposed rocks are buried again beneath overburden.**

Complementing the morphologic evidence for ancient life, the Precambrian rocks in Québec have yielded their share of chemical evidence biologic activity, now preserved in the form of various carbonaceous materials, carbon- and sulfur-isotope ratios indicative of past metabolic activity, and molecular fossils derived from biological materials. These are inventoried in Hofmann (1998). On the other hand, many additional remains originally reported as fossils can now be confidently regarded as non-biologic, and, therefore, can be excluded from the realm of paleontology.

## CONCLUSION

Québec has abundant ancient fossils, particularly in rocks formed during the time interval that represents the middle

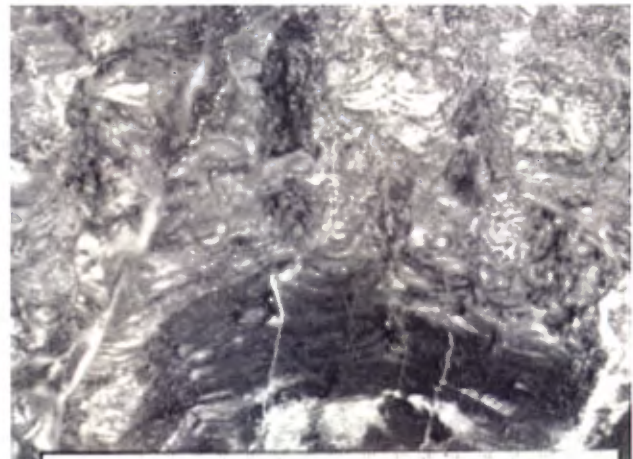


**FIGURE 6** - Block of branching columnar stromatolite from Nastapoka Group, east coast of Hudson Bay. A slab of this block served as a motif for a 39-cent postage stamp issued by Canada Post in 1990. GSC photo 133410.

age of the Earth. Most of these remains are preserved in relatively inaccessible areas, and are thus afforded protection from exploitation to some extent. The only exposure with the oldest fossils, in the Archean volcanic sequence near Joutel in the Abitibi region, which is readily accessible, is slated to be covered again by earth to be in compliance with mining regulations, and special consideration is needed at once if it is to be considered for preservation as a Québec heritage site.

## REFERENCES

- CORMIER, F., 1996 - Les carbonates archéens dans le Complexe volcanique acide de Selbaie, Abitibi, Québec. Université Joseph Fourier, Institut Dolomieu, Grenoble I, Mémoire de Maîtrise des Sciences de la Terre, 31 p.
- DAWSON, J.W., 1864 - Presidential address to Nat. Hist. Soc. of Montreal, at annual meeting, May 18, 1864. Canadian Naturalist and Geologist, 2nd ser., v. 1, p. 218-229.
- DIGONNET, S. - JÉBRAK, M. - GOULET, N. - CORMIER, F. - TANER, M. - BOUILLON, J.J., 1997 - An Archean lagoon in the Selbaie Mine, Abitibi subprovince, Quebec. Geological Association of Canada-Mineralogical Association of Canada, Annual Meeting, Abstracts, v. 22, p. A-38.
- HAMEL, C.M., 1985 - Paleontology and biostratigraphy of the Nastapoka Group, (Aphebian Richmond Gulf area, northern Quebec. M.Sc. thesis, Université de Montréal, 110 p.
- HOFMANN, H.J., 1971 - Precambrian fossils, pseudofossils, and problematica in Canada. Geological Survey of Canada, Bulletin 189, 146 p.
- HOFMANN, H.J., 1998 - Synopsis of Precambrian fossil occurrences in North America. Chapter 4 in Geology of the Precambrian Superior and Grenville provinces and Precambrian fossils in North America, (co-ord.) S.B. Lucas and M.R. St-Onge; Geological Survey of Canada, Geology of Canada, no.7, p.271-376 (also Geological Society of America, The Geology of North America, v. C-1).
- HOFMANN, H.J. - MASSON, M., 1994 - Archean stromatolites from Abitibi greenstone belt, Quebec, Canada. Geological Society of America, Bulletin, v. 106, p. 424-429.



**FIGURE 7** - Slab of Archean limestone block with coniform stromatolite from Joutel. The laminae represent successive encrusting microbial mats. Scale at bottom graduated in cm and mm.

- KNOLL, A.H., - SIMONSON, B., 1981 - Early Proterozoic microfossils and penecontemporaneous quartz cementation in the Sokoman Iron Formation, Canada. *Science*, v. 211, p. 478-480.
- LOW, A.P., 1886 - Report of the Mistassini Expedition, 1884-85. Geological Survey of Canada, Annual Report, v. 1, pt. D, 55 p.
- LOW, A.P., 1903 - Report on the geology and physical character of the Nastapoka Islands, Hudson Bay. Geological Survey of Canada, Annual Report, pt. DD, v. 13, 31 p.
- MÉTHOT, A-L., 1998 - Approche géochimique pour l'analyse des stromatolites néoarchéens de Joutel, Abitibi, Québec. Mémoire de Maîtrise, Université de Montréal, 101 p., 45 pls.
- STINCHCOMB, B.L. - LEVIN, H.L. - ECHOLS, D.J., 1965 - Precambrian graphitic compressions of possible biologic origin from Canada. *Science*, v. 148, p. 75-76.
- TRZCIENSKI, W.E., Jr. - HOFMANN, H.J. - POIRIER, G., 1997 - Inquest of the metamorphic pseudofossil "Eozoon canadense" in marbles of the Grenville Supergroup, Quebec: pressure-temperature conditions for the so-called "canals". Geological Association of Canada - Mineralogical Association of Canada, Joint Annual Meetings, Abstracts, v.22 p. A-149.



## SURVOL DES LOCALITÉS FOSSILIFÈRES ÉVIDENTES DU CAMBRIEN AU DÉVONIEN DU QUÉBEC

**Pierre J. Lespérance**

*In Memoriam*

Les fossiles du Québec sont localement très abondants et dans la plupart des cas d'une préservation excellente. La succession de ces fossiles forme des séquences en certains cas uniques au monde. Il y a peu de chercheurs actifs sur les fossiles du Québec en ce moment. Cette contribution traitera de localités fossilifères dans lesquelles les fossiles sont évidents (c'est-à-dire les « macrofossiles »), et accessoirement de microfossiles.

Les strates presque horizontales des basses-terres du Saint-Laurent sont piètrement fossilifères à l'Ordovicien inférieur. Par contre, les calcaires de l'Ordovicien moyen sont très fossilifères et la préservation des coquilles excellente, mais le manque de fossiles silicifiés rend l'étude des Brachiopodes difficile. L'Ordovicien supérieur est formé de strates terrigènes fines, localement très fossilifères, où les Bivalves sont notables.

La séquence du Saguenay-Lac-Saint-Jean est mince et ressemble à l'Ordovicien moyen-supérieur le long du Saint-Laurent.

Plusieurs des localités sur Anticosti sont exceptionnelles car les fossiles se rencontrent souvent dégagés. Les Conodontes de l'île démontrent le faible métamorphisme de ces strates, ce qui contribue à l'excellence de la préservation. Plusieurs collectionneurs éhontés ont envahi l'île. Il s'en est suivi une dégradation évidente de plusieurs localités, occasionnée en partie par la vente de fossiles.

Les Cantons de l'Est ont peu de fossiles et la plupart sont déformés et mal conservés. Les séquences cambro-ordoviciennes le long du Saint-Laurent, de Lévis à Cap-des-Rosiers, ont livré en quelques endroits des faunes à Graptolites se situant de part et d'autre de la limite

Cambrien-Ordovicien. On note dans ces mêmes séquences des niveaux de conglomérats calcaires qui ont livré dans des blocs individuels des faunes à Trilobites du Cambrien et de l'Ordovicien inférieur. Ces Graptolites et Trilobites devraient être retrouvés et recollectionnés, un travail de moine.

La séquence dans l'*Anticlinorium d'Aroostook-Percé* débute à l'Ordovicien moyen et elle est continue jusqu'au Silurien, où elle passe aux strates du *Synclinorium de la Baie des Chaleurs*, lui-même comprenant tout le Silurien. Les localités fossilifères dans l'anticlinorium sont rares. Ce n'est que dans la région de Percé que jadis les fossiles étaient abondants. Les localités dans le synclinorium sont pour la plupart ponctuelles, mais plusieurs coupes le long de la baie des Chaleurs sont fameuses.

Le *Synclinorium de Connecticut Valley-Gaspé*, siluro-dévonien, occupe la plus grande partie des Appalaches du Québec. Le Silurien de la vallée de la Matapédia est notable pour de nombreux Brachiopodes et Coraux. Le Dévonien le plus fossilifère, les Calcaires de Gaspé, se rencontre à l'extrémité de la Gaspésie dans la péninsule de Forillon, dans un parc fédéral où les collectes sont interdites.

Les Grès de Gaspé surmontent les calcaires; la partie supérieure de ceux-ci est continentale dans la Baie de Gaspé (Plantes et Spores indiquent la présence du Dévonien inférieur et moyen). La partie inférieure des Grès de Gaspé est marine et du Dévonien inférieur, quoique son sommet soit du Dévonien moyen dans la vallée de la Matapédia. Plusieurs localités ponctuelles de ces strates marines, riches en Brachiopodes et localement également en Bivalves, se rencontrent le long de coupes forestières ou naturelles



## ÎLE D'ANTICOSTI : PATRIMOINE GÉOLOGIQUE MONDIAL ET HYPOSTRATOTYPE DE LA LIMITE ORDOVICIEN-SILURIEN

Allen A. Petryk

Ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs

Les travaux des premiers géologues et paléontologues canadiens et américains ont mis en vedette dans le monde géologique l'immense île d'Anticosti du golfe du Saint-Laurent, dès les années 1850 : citons Richardson, Billings, et Twenhofel (1928). Aujourd'hui, l'île demeure un des sites géologiques uniques au monde pour sa richesse fossilifère. On y trouve une succession de strates complètes et riches en fossiles variés, représentatifs de l'évolution organique marine de la plate-forme du Paléozoïque inférieur, et plus particulièrement de la transition entre l'Ordovicien et le Silurien (O-S); (Petryk, 1981a et b; figure 1).

Le site correspondant à la frontière ou limite O-S se trouve au NW de l'île, dans la falaise au nord de cap Henri, dans la partie ouest de la baie (Ellis) Gamache, et à 3 km au SW en ligne droite de Port-Menier (Petryk, 1987; figures 3, 4, 5, et 6). La frontière ou limite « cryptique », basée surtout sur des microfossiles de Conodontes, affleure dans une zone récifale-biohermale calcaireuse d'environ 3 m d'épaisseur, dans le Membre 7 sommital de la Formation d'Ellis Bay, Groupe de Jolliet, et surtout de l'Ordovicien tardif (Ashgillien/Gamachien) et sous-jacente aux lits minces de calcaire fin de la Formation de Becscie, Groupe d'Anticosti du Silurien précoce (Llandoveryen/Rhuddanien : Barnes et McCracken, 1981; figure 6).

En 1981, après une dizaine d'années de relevés et d'études paléontologiques effectuées par des géologues gouvernementaux et universitaires, canadiens et québécois, une excursion et des conférences internationales, à valeur historique, ont porté sur l'île d'Anticosti et la partie est de la Gaspésie : la rencontre était organisée conjointement par la Sous-commission sur la Stratigraphie du Silurien (*Sub-commission on Silurian Stratigraphy-SSS*) et le Groupe de Travail de la limite Ordovicien-Silurien (*Ordovician-Silurian Boundary Working Group-OSBWG*) de la Commission de Stratigraphie de l'Union Internationale des Sciences géologiques (*International Union of Geological Sciences*), parrainée par l'UNESCO (éditeur : Lespérance, 1981).

La vingtaine de membres de l'OSBWG poursuivait alors des travaux d'évaluation des stratotypes de la limite O-S et de la série inférieure du Système Silurien d'Anticosti (*Llandovery/Niagaran*). Le travail de cette sous-commission avait aussi pour objectif d'établir la comparaison de ces stratotypes avec leurs équivalents proposés ailleurs dans le monde (Norvège, Ukraine, Tchécoslovaquie, Pays de Galles, Écosse, Chine). Quoique l'île d'Anticosti ait eu la faveur des membres comme stratotype de la limite O-S, lors d'un

vote informel de l'OSBWG à Oslo en 1983, à Moscou, en 1984, après le Congrès Géologique International, les membres votants ont formellement choisi – évidemment de façon prématurée – *Dob's Linn of Scotland* (Écosse) comme stratotype (holostratotype) mondial de la frontière O-S. Par défaut, le site d'Anticosti est devenu l'hypostratotype de cette limite.

Rappelons qu'un hypostratotype est un stratotype défini pour compléter la connaissance d'une unité stratigraphique ou d'une limite dont le stratotype a été établi dans une autre région géographique ou basé sur un faciès différent.

Pourtant, plusieurs spécialistes ont été mécontents. Selon eux, la décision a été prématurée et en 1984 le choix de *Dob's Linn* a été remis en question par le président du comité au secrétariat général de l'IUGS (Notons que les faciès argileux et surtout à Graptolites de bassin profond marin de *Dob's Linn* ne se corrèlent pas bien avec des faciès carbonatés de plate-forme marine, de faible profondeur, à faune coquillière (ou « *shelly faunas* » d'Anticosti).

Sans se soucier de l'état « géopolitique » du stratotype Ordovicien-Silurien retenu par la communauté internationale, l'auteur propose que l'hypostratotype de la limite O-S d'Anticosti, à cap Henri, et dont l'âge est d'environ 440 Ma, soit conservé comme parc et zone de préservation totale par la Société des établissements de plein air du Québec (SÉPAQ), tel que défini dans le document publié en 1982 par le Ministère de Loisirs, de la Chasse et de la Pêche (MLCP, 1982).

L'immense superficie d'Anticosti (figure 1) – presque aussi vaste que les basses-terres du Saint-Laurent entre Montréal et Québec, ou encore à la Corse (Fr.) – est environ 25 % plus grande que l'Île-du-Prince-Édouard. Elle recèle plusieurs autres sites de phénomènes géologiques à caractère exceptionnel, ainsi que des paysages remarquables, qui méritent d'être inclus dans le patrimoine géologique de Québec.

Voici quelques exemples : la coupe-type composite internationale de la Série du Silurien inférieur (à cap Henri); des coupes-types et des coupes de référence géologique des formations ordoviciennes et siluriennes; des sites paléontologiques (à la pointe à la Batterie) et paléo-écologiques (récifs d'Ellis Bay et de Chicotte); des karst (caverne Patate); des évidences de glaciation (erratiques à la baie du Petit Mackasti et de Sandtop); des phénomènes géomorphologiques (canyons de Vauréal, figure 2; Observation, Brick, Chicotte, etc.); des points de vue exceptionnels

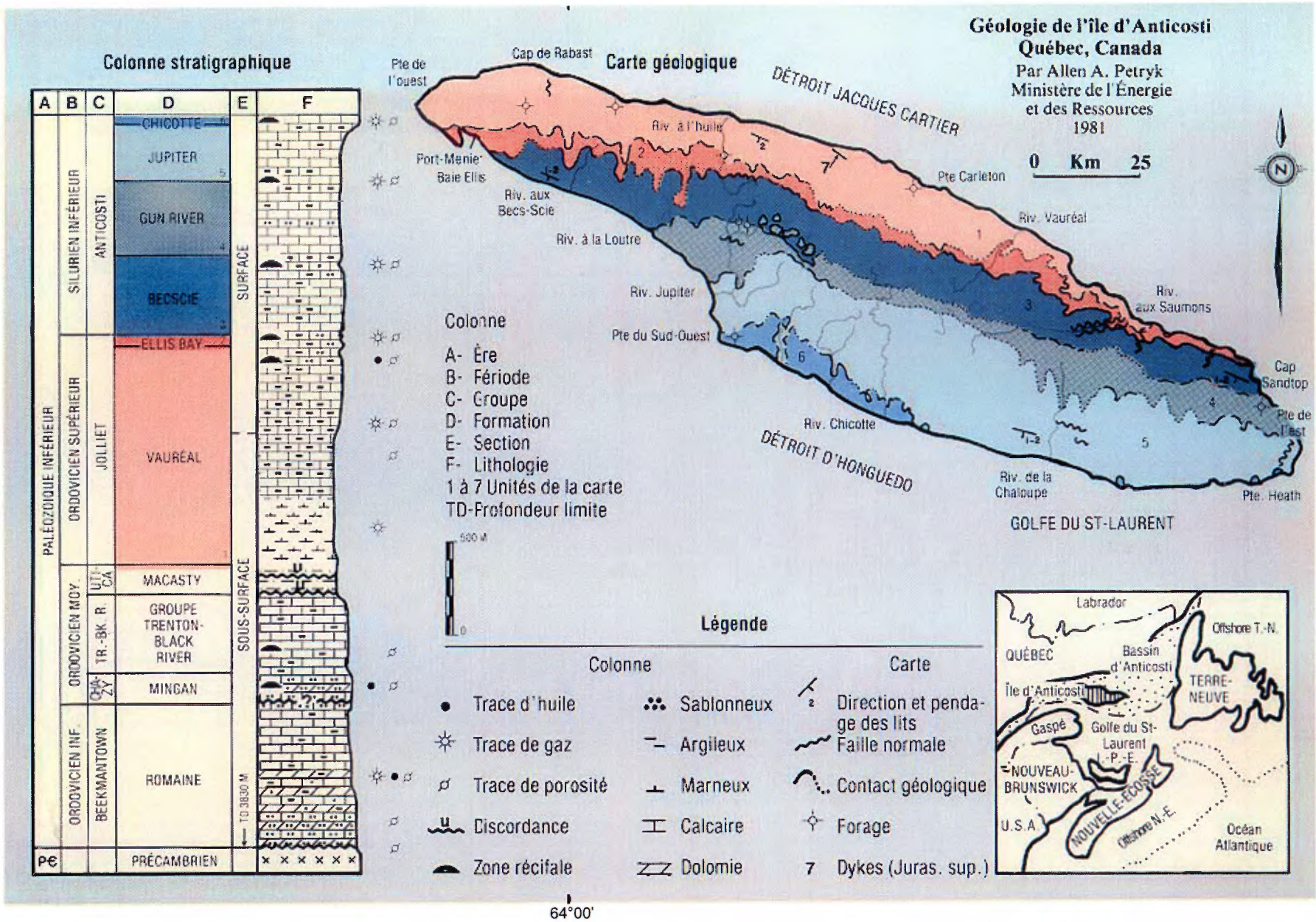
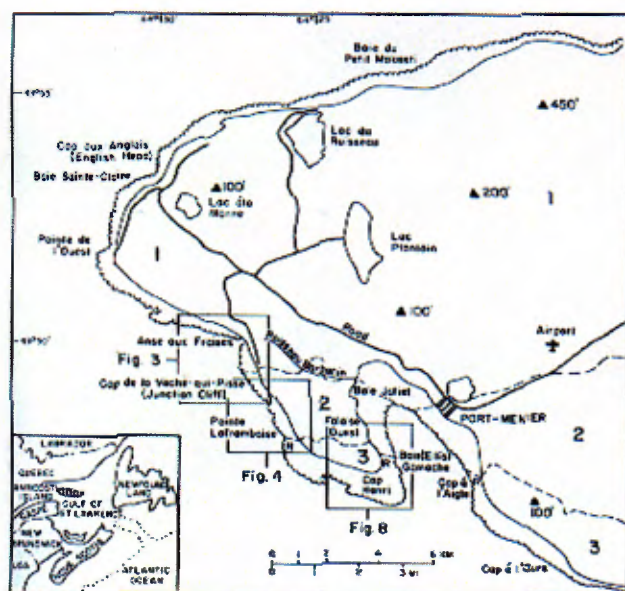


FIGURE 1 - Un sommaire graphique de la localisation, la géologie et lithostratigraphie de la surface et de la sous-surface de l'île d'Anticosti, Québec, Canada. Tiré de Petryk, 1981.

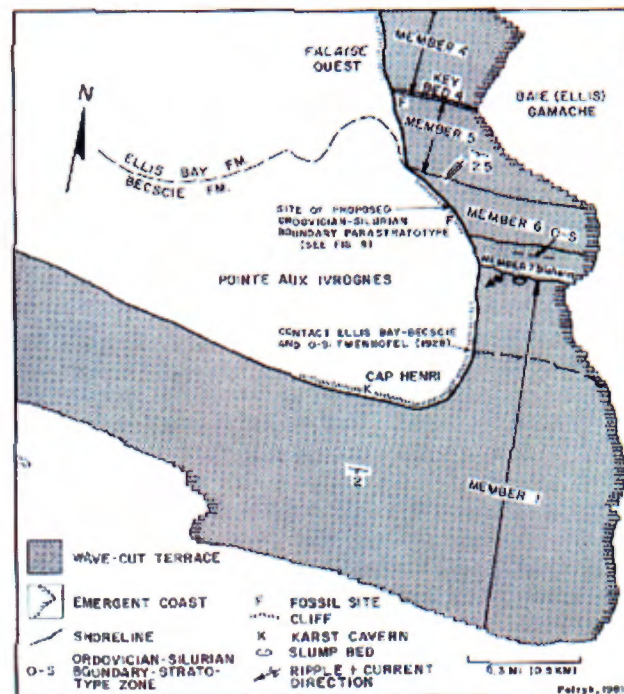


**FIGURE 2** - Point de vue exceptionnel du belvédère aux chutes et canyon Vauréal, au Nord- Nord-Est de l'île d'Anticosti, Québec, Canada. Note : La chute qui mesure 76 m se trouve dans le nouveau parc d'Anticosti ; elle s'écoule sur des strates de calcaire d'âge Ordovicien tardif. Photo Petryk : 2003-11-08AP.



**FIGURE 3** - Carte géologique et de localisation du Nord-Ouest de l'île d'Anticosti. Note : Les régions des numéros 1, 2 et 3 correspondent aux formations de Vauréal, d'Ellis Bay et de Becscie. Les contacts géologiques sont indiqués en lignes hachurées. R, signifie unité récifale. L'encart figure 8 correspond à la figure 4 ici. Tiré de Petryk, 1987, figure 1.

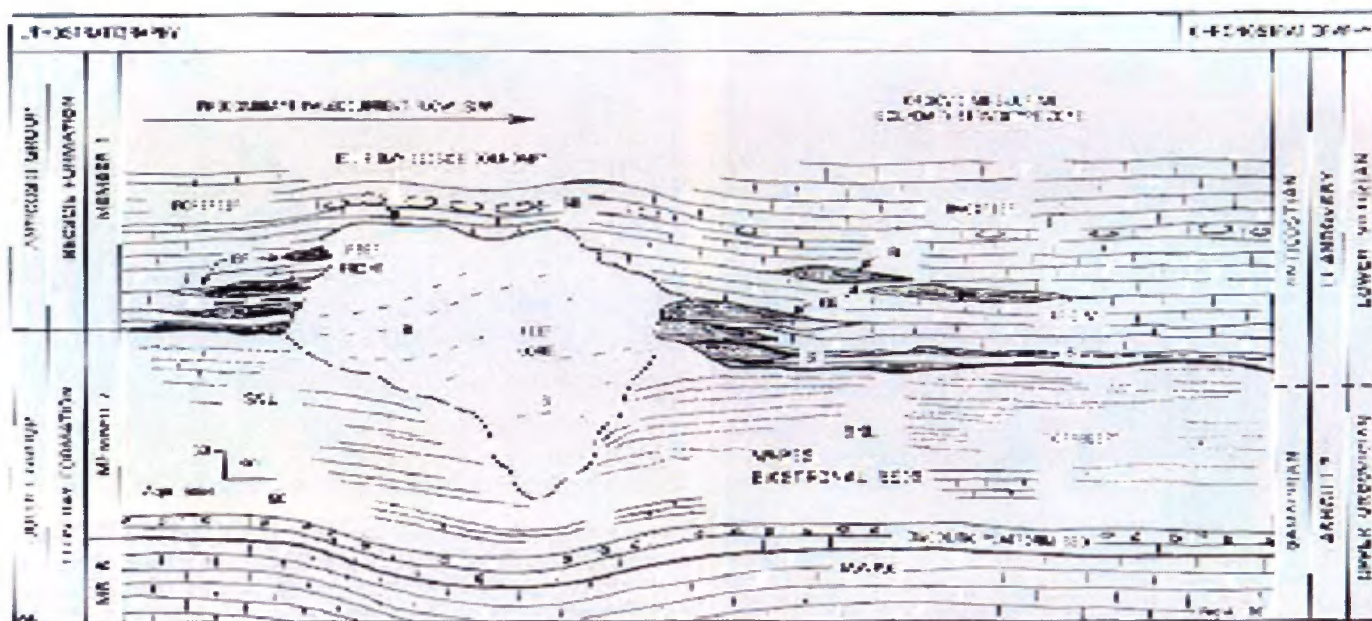
(sur les chutes Vauréal, figure 2; Observation, cap aux Anglais, pointe du sud-ouest, Grand lac Salé, des tours de feu MacDonald et Brick, etc.); des intrusions volcaniques (à la falaise de Puyalon), et bien d'autres. L'auteur espère présenter ces ensembles exceptionnels ou remarquables, parmi d'autres, dans une prochaine présentation (Petryk, en préparation).



**FIGURE 4** - Carte géologique de la région du cap Henri à l'île d'Anticosti, Québec, Canada, montrant le site de l'hypostratotype de la frontière ou limite Ordovicien-Silurien (O-S), de la faune coquillière ou "shelly faunas". Tiré de Petryk, 1987, figure 8.

En conclusion, sur la base des seuls phénomènes évoqués ici, **il est aussi proposé que l'île d'Anticosti soit reconnue éventuellement comme un site du patrimoine géologique mondial par l'UNESCO.**

Il restera à trouver l'équipe et les moyens pour aboutir à une telle décision, qui assurera la conservation de ce joyau de la Nature pour le bénéfice de notre patrimoine et celui de l'Humanité.



**FIGURE 5** - La lithostratigraphie, la chronostratigraphie, les lithofaciès et les relations paléoenvironnementales de la limite Ordovicien-Silurien à l'île d'Anticosti, Québec, Canada. Note : L, signifie Calcaire ; B, Boundstone ; ER, Encrine squelettique de type calcirudite ; G, Grainstone ; IR, Intrarudstone (conglomérat-bréchique d'origine intraformationnelle) ; M, calcaire de type Mudstone ; P, Packstone ; R, Rudstone ; W, calcaire de type Wackestone ; S, Shale /schiste argileux ; SN, sub-nodulaire ; SB, stratification déformée. Tiré de Petryk, 1987, figure 7.



**FIGURE 6** - L'hypostatotype de la limite Ordovicien-Silurien (O-S), dans la coupe et zone récifale entre la Falaise Ouest et cap Henri, à l'Ouest de l'île d'Anticosti, Québec, Canada. Note : Voir figure 4 pour la localisation et figure 5 pour comparaison. Remarquez le marteau vertical et la règle d'un mètre, à l'horizontale, localisés au-dessus et au-dessous du lit à oncolithe, OPB. Tiré de Petryk, 1987, figure 9.

## RÉFÉRENCES SÉLECTIVES

- BARNES, C.R. - McCracken, A.D., 1981 - Early Silurian chronostratigraphy and a proposed Ordovician - Silurian boundary stratotype, Anticosti Island. In Subcommission on Silurian Stratigraphy, Ordovician - Silurian Boundary Working Group, Field Meeting, Anticosti - Gaspé, 1981. Volume II : Stratigraphy and Paleontology, pages 71-80. Edited by P.J. Lespérance, Université de Montréal, Département de géologie, Québec, Canada.
- PETRYK, A.A., 1981a - Carte géologique de l'île d'Anticosti. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec. DPV-823, 17 pages.
- PETRYK, A.A., 1981b - Stratigraphy, sedimentology and paleogeography of the Upper Ordovician - Lower Silurian of Anticosti Island, Québec. In Subcommission on Silurian Stratigraphy, Ordovician - Silurian Boundary Working Group, Field Meeting, Anticosti - Gaspé, 1981. Volume II : Stratigraphy and Paleontology, pages 11-40. Edited by P.J. Lespérance, Université de Montréal, Département de géologie, Québec, Canada.
- PETRYK, A.A., 1987 - The Ordovician - Silurian boundary succession at Cap Henri, Anticosti Island, Québec. In *North-eastern Section of the Geological Society of America, Centennial Field Guide Volume 5, Number 81*, pages 373-377. Edited by David C. Roy, Department of Geology and Geophysics, Boston College, Chestnut Hill, Massachusetts, 02167, U.S.A.
- PETRYK, A.A., (en préparation) - Les entités territoriales à caractère géologique exceptionnel de l'île d'Anticosti : vers une politique de conservation géologique et d'éco-tourisme.
- SUBCOMMISSION ON SILURIAN STRATIGRAPHY (SSS), ORDOVICIAN - SILURIAN BOUNDARY WORKING GROUP (OSBWG), 1981 - Field Meeting, Anticosti - Gaspé, 1981. Volume II : Stratigraphy and Paleontology, 322 pages. Edited by P.J. Lespérance, Université de Montréal, Département de géologie, Québec, Canada.
- MINISTÈRE DE LOISIRS, DE LA CHASSE ET DE LA PÊCHE (MLCP), 1982 - « Les parcs québécois » : 1. La politique, Chapitre 5.
- TWENHOFEL, W.H., 1928 - Geology of Anticosti Island. Geological Survey of Canada, Memoir 154, 481 pages.



# PARTIE IV

## LES MINÉRAUX DU QUÉBEC

LA MINÉRALOGIE COMME LOISIR SCIENTIFIQUE <i>André Bérard</i> .....	125
LE MONT SAINT-HILAIRE : UNE MONTÉRÉGIENNE PAS COMME LES AUTRES <i>Isabelle Legeai</i> .....	127
LA RICHESSE ET LA DIVERSITÉ MINÉRALOGIQUE DU QUÉBEC <i>Robert F. Martin</i> .....	133
QUI NOMME LES MINÉRAUX DÉCOUVERTS AU QUÉBEC? UN APERÇU DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET AMATEURE D'ICI <i>Jeanne Paquette</i> .....	135
THE FAME AND SIGNIFICANCE OF MONT SAINT-HILAIRE AS A MINERAL LOCALITY <i>László Horváth</i> .....	137



## LA MINÉRALOGIE COMME LOISIR SCIENTIFIQUE

**André Bérard**

*Club de minéralogie de Montréal*

Il y a présentement six clubs au Québec dont la mission de loisir scientifique peut se définir comme une activité de recherche, d'exploration et d'éducation sur le sujet des sciences de la Terre. Leurs membres portent un vif intérêt aux minéraux, aux fossiles et aux roches qui les contiennent, que ce soit pour leur beauté, leur intérêt scientifique ou leur valeur marchande. Il y a presque autant de types de collections de minéraux que de collectionneurs : du micro-minéral (où chaque spécimen mesure, par définition, moins d'un millimètre) aux spécimens dignes d'un musée, spectaculaires et très esthétiques, de la collection d'une seule espèce de minéral sous ses formes diverses et provenant de différents sites, ou d'un échantillon de chaque espèce reconnue (au-delà de 3500!).

Les clubs facilitent l'échange de connaissances par l'aménagement et le maintien d'un lieu de rencontre, qui permet de nouer des amitiés et d'apprendre au contact des membres plus expérimentés. Ces derniers partagent leur expérience de diverses façons : l'édition d'un bulletin, des ateliers pratiques ou des conférences, la mise en commun d'une bibliothèque, et l'initiation au maniement de l'équipement de sciage et polissage qui permet d'embellir roches, minéraux ou fossiles pour en faire des pièces ornementales ou des bijoux.

Les amateurs obtiennent typiquement leurs minéraux lors d'excursions de terrain, parfois au prix d'efforts personnels considérables, par échange de spécimens ou par achat d'un collectionneur-vendeur. Les clubs facilitent ces activités au cours de rencontres régulières, d'excursions et de remises de bourses. Certains clubs n'admettent que des amateurs au sens strict du terme et bannissent volontaire-

ment toute forme de commerce, mais d'autres initient volontiers leurs membres à l'achat et la vente de minéraux dans le respect d'un code d'éthique.

Plusieurs clubs cultivent des relations privilégiées avec les propriétaires de carrières et de mines dont les travaux mettent régulièrement à jour de nouveaux affleurements. Les carrières et les mines actives, tout comme les sites d'excavations pour les grands travaux, sont très courus. Les vieilles mines abandonnées sont aussi d'intérêt, mais les spécimens qu'on trouve dans les déchets miniers sont souvent détériorés par l'action des éléments. L'accès des collectionneurs à la Carrière Poudrette du Mont Saint-Hilaire, la mine Jeffrey d'Asbestos et la mine Lac d'Amiante à Black Lake, sont des exemples de succès où le partenariat entre compagnies et un club local permet de mener des fouilles sécuritaires et fructueuses. Un effort de sensibilisation concerté et l'adoption d'un code d'éthique commun pourraient mener à obtenir l'accès à un plus grand nombre de sites.

On ne peut passer sous silence la contribution des amateurs à l'avancement de la minéralogie. Plus nombreux que les minéralogistes professionnels, ils effectuent beaucoup plus de fouilles sur le terrain, et sont toujours à l'affût d'espèces non répertoriées ou même inconnues de la science. Certains membres de nos clubs sont devenus des experts sur des sites reconnus, tel le Mont-Saint-Hilaire. Quelques-uns ont rédigé des articles scientifiques publiés en plusieurs langues et utilisent maintenant l'Internet pour mieux faire connaître la beauté et la richesse du patrimoine minéralogique du Québec



## LE MONT SAINT-HILAIRE : UNE MONTÉRÉGIENNE PAS COMME LES AUTRES

**Isabelle Legeai**

*Chercheuse*

La montagne au dos d'éléphant, qui domine les basses-terres du Saint-Laurent et les Appalaches, a fait rêver plus d'un amateur de minéraux au Québec et à l'étranger. Les nombreuses opérations d'extraction ont révélé de magnifiques spécimens de sérandite, sodalite, catapléite, leucophanite, analcime et bien d'autres. Ainsi, plus de 300 espèces minérales ont été identifiées sur le site et 43 nouveaux minéraux y ont été officiellement découverts pour la première fois comme l'hilairite et la montérégianite. Depuis une vingtaine d'année, débutants et professionnels prospectent régulièrement à la carrière Poudrette, sur le flanc nord de la colline; ce qui stimule toujours la curiosité des nouveaux membres. C'est pourquoi une série d'articles sera publiée dans le Filon; ils traiteront de la formation géologique de cette montagne, des différentes roches qui la composent et des minéraux que l'on peut trouver sur le terrain.

### HISTOIRE GÉOLOGIQUE

Le mont Saint-Hilaire fait partie d'un ensemble de 10 collines, alignées d'est en ouest le long d'une ancienne fracture de la croûte terrestre. On a répertorié ainsi d'est en ouest, le mont Mégantic, le mont Brome, le mont Shefford, le mont Yamaska, le mont Saint-Grégoire, le mont Rougemont, le mont Saint-Bruno, le mont Royal et le complexe d'Oka. Toutes ces collines se sont formées à la même époque et ont la même origine. Ces massifs intrusifs, de nature granitique, sont d'origine magmatique.

Il y a environ 120 à 135 millions d'années (au Crétacé, l'ère des dinosaures), les mouvements internes du globe ont entraîné la montée d'un magma chaud qui a emprunté une ancienne faille pour traverser les zones profondes jusqu'à atteindre la croûte terrestre sans toutefois aller jusqu'en surface (figure 1). Des poches de magma se sont ainsi formées à différentes profondeurs en s'accumulant dans les roches sédimentaires plus anciennes (400 millions d'années (début du Primaire)). Le magma a refroidi en leur sein en transformant ces roches plus froides et moins dures.

Au contact du magma, très chaud (d'une température supérieure à 600°C), ces roches sédimentaires ont subi des transformations au niveau des minéraux, qui les composent, et au niveau de l'arrangement des minéraux entre eux (leur structure). On appelle ces transformations irréversibles : métamorphisme de contact. Ainsi, sous l'effet des hautes températures, les roches argileuses (shales) ont été

transformées en cornéennes (hornfels) et les roches calcaires en marbre.

Au cours des millions d'années qui ont suivi, les cours d'eau, les intempéries, ainsi que la puissance des glaciers ont contribué à balayer la couche de sédiments qui recouvrait les intrusions. Ces dernières, plus résistantes, sont restées en place alors que les calcaires et les shales ont été érodés (figure 1). Aujourd'hui, ces plutons apparaissent en relief, dominant la vaste plaine du Saint-Laurent. Et, c'est depuis les 400 m d'altitude du mont Saint-Hilaire, que l'on peut aujourd'hui admirer la plaine du Saint-Laurent.

### SYÉNITES, CORNÉENNES ET MARBRE : ROCHES MAGMATIQUES OU MÉTAMORPHIQUES?

Observons un instant la carte géologique du mont Saint-Hilaire (figure 2). La carrière étant située au nord-est, regardons plus particulièrement cette partie de la montagne. On s'aperçoit qu'il y a trois types de roches : les syénites, les cornéennes (hornfels en est la traduction anglaise) et les marbres.

#### Les syénites

Le massif est constitué en grande majorité de roches magmatiques issues du refroidissement d'une poche de magma. Dans la partie est, ce sont surtout des syénites qui ont cristallisé (figure 2). Ces roches sont blanchâtres avec des cristaux fins à grossiers avec comme minéral essentiel du feldspath alcalin (silicates d'aluminium et de potassium), dont la *microcline* et l'*albite*. Ces minéraux sont surtout accompagnés d'aiguilles vert sombres à noires d'*ægyrine* (silicates de sodium et de fer du groupe des pyroxènes).

Sur le terrain, on distingue deux types de syénites :

#### *Les syénites à néphéline*

La *néphéline* est un feldspath d'aluminium contenant du sodium et du potassium. C'est un minéral blanc à gros cristaux et qui n'offre pas de belles cristallisations. Ces syénites présentent, toutefois, de beaux cristaux d'*analcime* (silicate de sodium et d'aluminium du groupe des zéolites) en cristallisations secondaires.

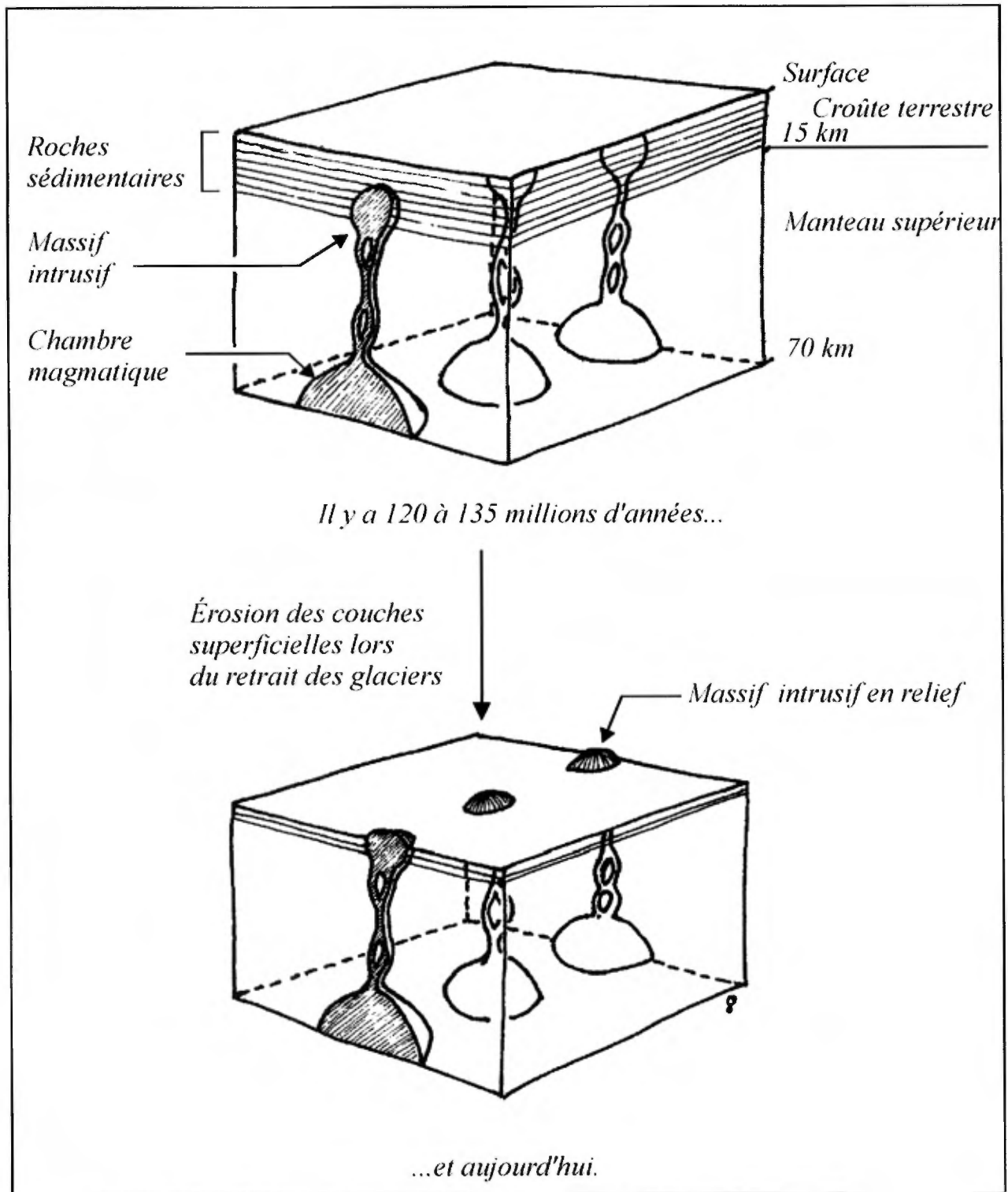


FIGURE 1 - Blocs-diagrammes représentant l'évolution géologique des montérégiennes.

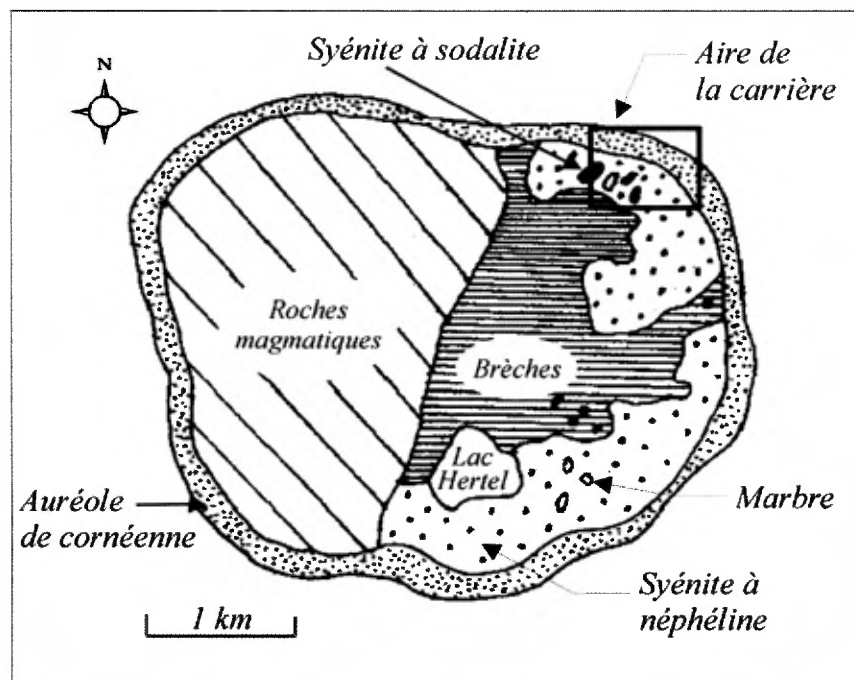


FIGURE 2 : Carte géologique simplifiée du mont Saint-Hilaire d'après Perrault, Mandarino, Gault et Currie (1986).

Les collectionneurs et les minéralogistes leur portent un intérêt particulier parce qu'elles sont traversées par des dykes de pegmatites; autrement dit, des filons plus ou moins verticaux, percés par le magma au sommet de l'intrusion (figure 3) il y a 120 à 130 millions d'années. Ces dykes présentent de très beaux spécimens de *catapléite* (silicate de zirconium et de sodium), de *natrolite* (silicate hydraté de sodium et d'aluminium du groupe des zéolites), de *rhodochrosite* (carbonate de manganèse), de *sérandite* (silicate de sodium, de manganèse et de calcium) et bien d'autres...

#### Les syénites à sodalite

La *sodalite* est un silicate d'aluminium contenant du chlore et du sodium. Ce minéral se présente sous la forme de cristaux incrustés dans la roche; les formes libres étant très rares. Sa couleur varie d'incolore à blanc, et prend rarement la couleur bleue; la variété violette porte le nom d'*hackmanite* et se présente uniquement dans les xénolithes de marbre. Ce type de syénites peut offrir des micro cristallisations d'*apatite* (minéral phosphaté).

#### Les brèches de syénites

Les brèches de syénites sont constituées de différents types de roches englobées dans un ciment. Elles présentent de nombreuses cavités contenant des minéraux métamorphiques tels que le *diopside* (silicate de calcium et de

magnésium) et la *vésuvianite* (silicate de calcium et de magnésium).

#### Les cornéennes

Ce sont des roches issues du métamorphisme de roches argileuses plus anciennes, au contact de l'intrusion magmatique (figure 3). Elles sont de teinte sombre, à patine et à cassure d'aspect corné. Les minéraux essentiels sont les micas noirs (*biotite*) et les micas blancs (silicates d'aluminium et de potassium) ainsi que le *quartz* (silice pure) de taille microscopique. Elles peuvent présenter des minerais de fer (*pyrite*) et de titane (*rutile* et *sphène*) mais sont en fait très peu minéralisées. On retrouve ces roches métamorphiques autour du massif, formant une auréole de quelques mètres à quelques dizaines de mètres d'épaisseur (figure 2) ainsi qu'en gros blocs au sein des syénites.

#### Les marbres

Ces roches sont issues du métamorphisme des roches sédimentaires de nature calcaire au contact du magma. Elles sont blanches, constituées de *calcite* (carbonate de calcium) et se présentent sous la forme de xénolithes au sein des syénites à *néphéline*. Le minéral qui y est le plus commun est la *pectolite*; on trouve aussi la fameuse *carletonite*, la *fluorite* (minéral fluoré), et la *poudretteite*, minéral extrêmement rare.

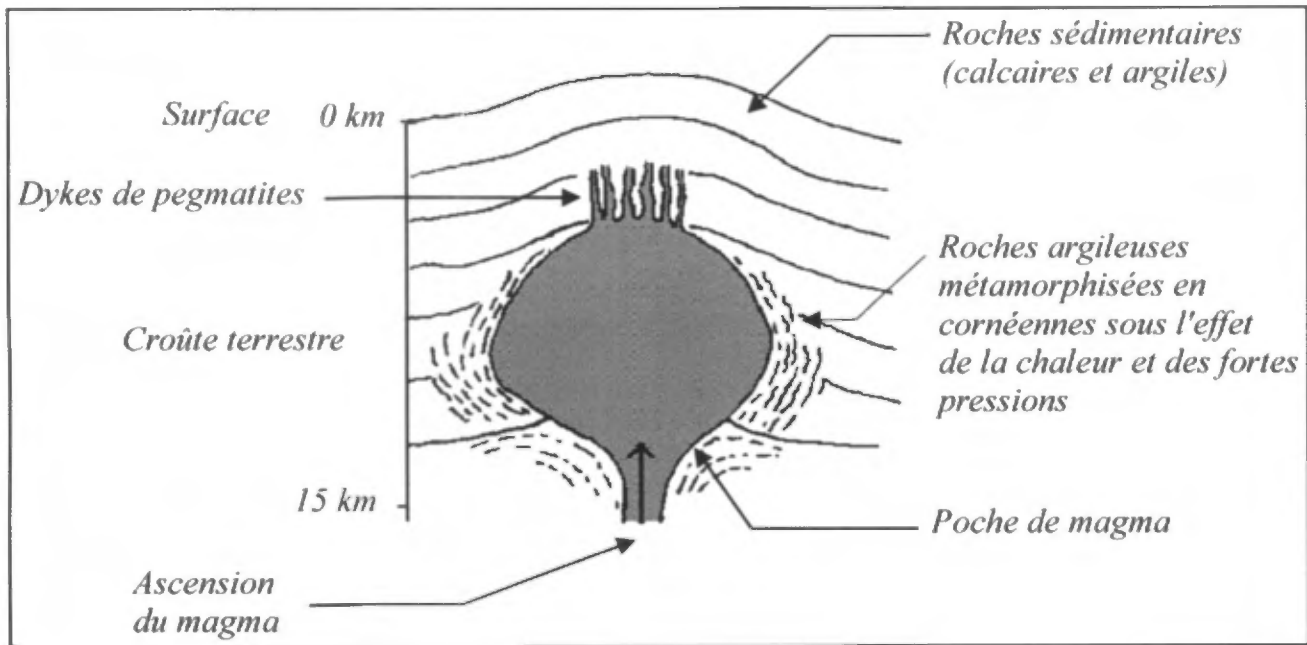


FIGURE 3 : Modèle de l'intrusion magmatique en coupe verticale.

### DES STRUCTURES GÉOLOGIQUES TRÈS CRISTALLIFÈRES : LES DYKES DE PEGMATITES

Comme nous l'avons vu dans le chapitre précédent, de nombreuses espèces minéralogiques, dont certaines très rares, se trouvent dans les syénites, les cornéennes et les marbres du mont Saint-Hilaire. Certains cristaux se retrouvent aussi dans des structures géologiques particulièrement intéressantes – **les dykes de pegmatites**. Ici, les minéraux se forment à partir de fluides riches en éléments chimiques rares qui leur confèrent des couleurs exceptionnelles.

#### Les dykes de pegmatites, d'anciennes cheminées d'ascension du magma

Les dykes de pegmatites sont des filons centimétriques à décimétriques situés en profondeur au sommet de la poche de magma. Lors de l'ascension du magma vers la surface, ils ont traversé le massif de syénites et l'auréole de cornéennes.

#### Les dykes de pegmatites non altérés

Ce sont des gisements essentiellement exploités pour les micas, les minerais de béryllium et les métaux rares. Ces filons présentent, outre les minéraux usuels tels que *l'aegyrine*, *l'albite*, la *microcline* et *l'analcime*, de très beaux spécimens de *catapléite* (silicate de zirconium et de sodium), de *natrolite* (silicate hydraté de sodium et d'alu-

minium du groupe des zéolites), de *rhodochrosite* (carbonate de manganèse), d'*eudialyte* et de *sérandite* (silicate de sodium, de manganèse et de calcium). On peut citer aussi de nouveaux minéraux récemment identifiés pour la première fois au mont Saint-Hilaire : la *petersenite*-(Ce) et *thomascalkite*-(Y).

Pourquoi tant de beaux spécimens? Retournons au Crétacé : il y a environ 120 à 135 millions d'années, lors de l'ascension de la poche de magma, les températures élevées (600-800°C) et les fortes poussées exercées par l'intrusion du magma ont fracturé les roches sédimentaires (calcaires et shales), formant ainsi des cheminées verticales appelées **dykes** (voir ci-dessus).

Pour expliquer la richesse minéralogique de ces formations, il faut tenir compte de deux facteurs essentiels : 1) la vitesse de refroidissement du magma dans les filons; et 2) la prépondérance d'éléments chimiques volatils et rares dans les fluides magmatiques nourrissant les cristaux.

Les minéralogistes ont en effet montré, à l'issue de plusieurs expériences en laboratoire, que :

1- lorsque le refroidissement se fait en profondeur (dans la croûte terrestre), le magma devient solide beaucoup plus lentement que s'il refroidissait à la surface (en contact avec l'air). Les cristaux ont alors le temps d'absorber les éléments chimiques en grande quantité et peuvent ainsi atteindre une grande taille. C'est le cas des plutons dont le refroidissement dure plusieurs centaines de milliers d'années (comme le mont Saint-Hilaire et les autres Montérégiennes).

2- les éléments chimiques rares tels que le fluor, le béryllium et bien d'autres, s'intègrent facilement au réseau

crystallin en influençant la couleur, l'éclat et la pureté des minéraux.

Ces fluides, provenant de la poche de magma, sont constitués d'eau, de roche en fusion et de gaz. Ils s'infiltrèrent dans les dykes en circulant dans les vides entre les roches plus solides. A cette étape, il importe de savoir que ce sont les minéraux de haute température qui se déposent les premiers (feldspaths, micas, pyroxènes) et qu'ensuite cristallisent les espèces de basse température plus rares (*sérandite*, *fluorite*, etc.) et plus recherchés. Les premiers minéraux cristallisent ainsi en soustrayant aux fluides les éléments chimiques qui leur sont nécessaires (silicium, sodium, fer et aluminium) formant des cristaux d'*albite*, de *microcline*, d'*analcime* et d'*aegyrine*. Quand le magma s'est totalement refroidi et solidifié, tous les minéraux de haute température ont cristallisé. Il reste ensuite un liquide résiduel très riche en éléments rares et volatils qui s'échappe du pluton par les fractures. Ce liquide est concentré en sulfures, en métaux (étain, tungstène) ainsi qu'en fluor, béryllium, etc. Il voyage dans les filons et les fissures des roches sédimentaires. Les éléments dissous forment alors des dépôts minéralisés le long des parois des dykes, où cristallisent des minéraux plus rares tels que la *sérandite* et l'*eudialyte*.

Dans ces conditions chimiques particulières, les minéraux ont eu une croissance démesurée et ont pris des formes et des couleurs uniques : ce sont les **minéraux pegmatitiques**.

#### *Les dykes de pegmatites altérés*

Comme les roches, ces filons riches en minéraux peuvent être exposés à l'air et aux intempéries, ce qui provoque une oxydation de surface et la formation de sulfates. Après ce lessivage naturel (la plupart des minéraux étant solubles dans l'eau), il reste surtout les oxydes de fer, d'aluminium (*limonite*) ainsi que les sulfures qui donnent une couleur rouille aux roches.

Paradoxalement, ces pegmatites altérées ont produit de magnifiques spécimens d'elpidite, de quartz, de zircon, d'hilairite, de donnayite-(Y), de lemoynite et beaucoup d'autres...

#### **Conclusion**

Les dykes de pegmatites sont des structures géologiques très recherchées pour leur richesse minéralogique. Les conditions de cristallisation, énoncées plus haut, ont été favorables à un développement démesuré des cristaux et à la formation de minéraux très rares. Ces conditions sont, en effet, peu fréquentes à la surface du globe terrestre et nous permettent ainsi d'admirer des minéraux rares tels l'*hilairite* et la *sérandite*.

Il existe aussi d'autres structures géologiques qui sont également attentivement examinées pour leur richesse minéralogique : ce sont les **cavités miarolitiques**.

## **DES STRUCTURES GÉOLOGIQUES CRISTALLIFÈRES : LES CAVITÉS MIAROLITIQUES**

Les cavités miarolitiques, tout comme les dykes de pegmatites, sont des structures géologiques favorables à la cristallisation de beaux spécimens minéralogiques.

Les cavités miarolitiques sont de grandes bulles closes centimétriques emprisonnées dans les roches magmatiques. Elles sont présentes dans les différents types de roches du mont Saint-Hilaire. Leurs dimensions varient de quelques centimètres à quelques décimètres.

### **Les cavités miarolitiques, d'anciennes bulles devenues géodes**

Les cavités miarolitiques se sont formées au cours du refroidissement du magma à partir de bulles de gaz. Lorsque le magma se solidifie, il se forme des joints, des fissures par lesquelles s'échappent les gaz contenus dans les fluides magmatiques. Mais il peut arriver que les gaz restent prisonniers au sein du magma. Provenant des profondeurs sous forme de petites bulles, ils s'accumulent au sommet de l'intrusion. Ces petites bulles se regroupent pour former de grandes bulles closes. Ensuite, les gaz, fortement concentrés en éléments chimiques rares, refroidissent lentement et donnent naissance à de petits minéraux parfaits de type pegmatitique tapissant ainsi les parois des cavités. Ces cavités ont une forme plus ou moins arrondie : les cristaux qui s'y développent dirigent tous leur extrémité libre vers leur centre. On appelle ces cavités une **géode**.

Deux types de minéraux ont été produits à partir de ces gaz à différentes étapes du refroidissement :

- les silicates (composés essentiellement de silice) tels que les zéolites (*analcime*) et les feldspaths (*albite*) ont cristallisé en premier à haute température (600-200°C);
- les carbonates (composés essentiellement de carbone et d'oxygène) dont le principal représentant est la *calcite* (carbonate de calcium) ont cristallisé en dernier à basse température (100-200°C).

#### *Les cavités à silicates*

Ce sont des cavités où prédominent les espèces silicatées. Les gaz riches en silice ont formé essentiellement des spécimens d'*analcime*, de *natrolite*, d'*albite* et de *néphéline* ainsi que d'*ilménite*, de *labuntsovite*, de *khomyakovite* et d'*eudialyte*.

#### *Les cavités à carbonates*

Comme leur nom l'indique, ce sont des cavités où prédominent les minéraux carbonatés. De belles vésicules ont été mises à jour en 1966; elles renfermaient de très beaux cristaux de *sidérite* (carbonate de fer) qui atteignaient parfois

plus de 25 cm! Les espèces les plus abondantes dans ce type de cavité sont la *calcite* et la *sidérite* sur matrice de microcristaux *d'albite*. Ces cavités peuvent également présenter en moindre quantité des cristaux de sulfures de fer et de zinc (respectivement *pyrite* et *sphalérite*).

### CONCLUSION

Les cavités miarolitiques présentent de petits cristaux parfaits de silicates et de carbonates. C'est leur mode de formation, issues de bulles de gaz, qui permet la cristallisation de minéraux de type pegmatitique.

Les dykes de pegmatites et les cavités miarolitiques du mont Saint-Hilaire sont donc des structures géologiques

incontournables sur le terrain. Elles sont faciles à repérer, quoique souvent difficiles à dégager, mais toujours attentivement examinées par les collectionneurs et les prospecteurs.

### RÉFÉRENCES

TARASSOFF, P. - Communications personnelles.

HORVATH, L. - GAULT R.A., 1990 - The mineralogy of mont Saint-Hilaire Quebec. The mineralogical record Inc. (eds), Arizona, p.284-368.

MANDARINO, J.A. - ANDERSON, V., 1989 - Monteregian treasures. The minerals of mont Saint-Hilaire, Quebec. Press syndicate of the university of Cambridge, USA, 281p.

## LA RICHESSE ET LA DIVERSITÉ MINÉRALOGIQUE DU QUÉBEC

**Robert F. Martin**

*Université McGill*

La grande diversité minéralogique qui existe au Québec découle directement de la grande diversité de milieux tectoniques et pétrologiques. Il faut dire que la vaste étendue de gneiss du socle archéen de la Province du Supérieur du Bouclier Canadien n'est pas d'un grand intérêt pour les minéralogistes. Ces roches contiennent, en proportions variables, une dizaine de minéraux standards et considérés banals par la plupart.

Il existe environ 3850 espèces minérales homologuées, et une cinquantaine de nouvelles découvertes sont approuvées chaque année, suite à une évaluation par le Comité de la Nomenclature des Minéraux et des Noms de Minéraux de l'Association Internationale de Minéralogie. De ce nombre, moins de 200 minéraux (5 %) ont été découverts sur le vaste territoire canadien, dont 79 dans la province de Québec. Le mont Saint-Hilaire, à lui seul, est la localité-type de 44 de ces découvertes. Au cours des dix dernières années du XX<sup>e</sup> siècle (1990-1999), 23 nouvelles espèces minérales ont été découvertes au Québec et décrites dans la littérature internationale. De ces 23, 19 (83 %) proviennent de la carrière Poudrette au mont Saint-Hilaire. Le mont Saint-Hilaire est donc un haut lieu de la minéralogie à une échelle internationale, et continuera de l'être.

L'intérêt du mont Saint-Hilaire découle d'un contexte géologique et de micro-environnements particuliers. Ce complexe igné est le seul, parmi les plutons montréalais d'âge crétacé, à montrer à la surface des roches ignées très fortement évoluées, c'est-à-dire, des roches beaucoup plus enrichies que la normale en éléments qui sont incompatibles dans les minéraux banals formés au cours de la cristallisation fractionnée du magma hyperalcalin. Si on examine la formule chimique des minéraux découverts à Saint-Hilaire, on constate, comme thème principal, outre l'excédent d'alcalins (Na, K), la présence de Nb, Ti, Zr, terres rares et Li, éléments systématiquement rejetés par feldspaths, micas, amphiboles et pyroxènes au cours du fractionnement du magma en évolution. Un thème secondaire, la présence de carbonate, résulterait surtout de l'interaction de ces venues tardives de magma évolué avec les roches sédimentaires encaissantes le long du contact. À peu près le même contexte et la même juxtaposition, mais à une échelle réduite, rendent compte des minéraux de la carrière Francon, à Montréal (neuf espèces découvertes), et de la carrière Demix-Varenes, à Varenes (deux espèces découvertes). On trouve en général ces minéraux rares dans des cavités miarolitiques dans la roche ignée, mise en place sous forme de filons-couches.

Un autre complexe alcalin, Kipawa, situé dans le comté de Témiscamingue, a un âge protérozoïque moyen (environ 1240 Ma). Trois minéraux y ont été découverts. Le complexe a été fortement déformé au cours de l'orogénèse grenvillienne, sans cavités (mise en place profonde?) et beaucoup moins fréquenté par les amateurs. Ces trois facteurs expliquent le faible nombre de découvertes. Du même âge, mais beaucoup plus inaccessible encore, est le granite alcalin minéralisé (terres rares, Zr) de Strange Lake, sur la frontière avec le Labrador, à 240 km au nord de Schefferville. Deux minéraux riches en terres rares y ont été découverts et décrits dans les cinq dernières années. Ici encore, c'est la juxtaposition d'un complexe alcalin et d'un socle gneissique qui est à l'origine de la cristallisation de minéraux hydrothermaux contenant les terres rares, zirconium et sodium (origine granitique) et du calcium (origine dans le socle).

Une des énigmes de la partie métasédimentaire de la Province de Grenville porte sur la présence de « filons » de calcite + diopside + apatite + titanite + anhydrite. Ces filons ont-ils une origine ignée? On les retrouve aussi ailleurs (Madagascar, Sri Lanka) dans les socles de roches supracrustales enfouies et sujettes à un métamorphisme aux conditions du faciès granulite. S'agirait-il peut-être de carbonatites crustales d'origine anatectique? Quoi qu'il en soit, trois minéraux ont été découverts à la mine Evans-Lou, dans le comté de Papineau, dans de tels « filons ». Ces roches ont aussi une trace d'alcalinité, et pourraient bien renfermer d'autres minéraux silicatés, sulfatés et carbonatés typiques de skarns, quoiqu'ils ne soient pas des skarns classiques.

Les massifs ophiolitiques d'âge cambro-ordovicien, par exemple à Asbestos et à Thetford Mines, occupent une place importante dans le « paysage minéralogique » québécois. Malgré l'importance de ces massifs, seulement deux nouvelles espèces minérales proviennent de la mine de chrysotile de Jeffrey, à Asbestos. Les gisements de Thetford Mines et d'Orford renferment de très beaux assemblages, mais n'ont pas encore produit de nouvelles espèces. Le contexte géologique dans ce cas favorise des quantités massives de minéraux banals formés au fond de l'Océan Iapetus. On peut s'attendre à trouver des espèces nouvelles dans les filons de roches syénitiques et dioritiques intrusives, et dans leurs épontes, fortement recristallisées lors de la métasomatose en présence des saumures.

Ce qui reste des découvertes sur sol québécois provient largement de gisements de sulfures massifs comme à Matagami et dans l'Abitibi. Ce sont des assemblages de

minéraux de minerais qui résistent mal aux effets de l'oxydation une fois sortis de leur contexte. La plupart des découvertes futures seront faites par des spécialistes ayant accès à des techniques de prélèvement et d'étude à l'échelle microscopique.

Les découvertes faites au Québec sont donc assez importantes à l'échelle canadienne. Même à l'échelle mondiale, le mont Saint-Hilaire est un lieu sacré. Le calibre de ce que certains qualifient de « la mafia canadienne » en minéralogie est très élevé. Les travaux scientifiques qui s'effectuent au Canada pour établir une nouvelle espèce minérale sont à la fine pointe de ce qui se fait dans le monde. La plupart de ces travaux sont publiés dans *The Canadian Mineralogist*,

et la renommée de cette revue en sciences minéralogiques est excellente. Elle dessert un auditoire international et averti, et informe les amateurs et professionnels des dernières découvertes. Le bilan est très positif de ce côté-là. En revanche, le Québec, si riche en trésors minéralogiques, n'a toujours pas de musée bien subventionné à Montréal pour acquérir des collections privées importantes et les présenter à la population. Il est triste de constater que les collections majeures de minéraux spectaculaires du Québec se trouvent en général ailleurs qu'au Québec. Les efforts de vulgarisation, de conservation et d'éducation tardent dans notre domaine!

## QUI NOMME LES MINÉRAUX DÉCOUVERTS AU QUÉBEC? UN APERÇU DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET AMATEURE D'ICI

**Jeanne Paquette**

*Université McGill*

Au cours des quarante dernières années, près de 70 nouveaux minéraux, dont 37 au Mont Saint-Hilaire (MSH), ont été découverts au Québec et officiellement reconnus par la Commission des Nouveaux Minéraux et Noms de Minéraux, un comité de l'Association Minéralogique Internationale (IMA). Depuis 1961, les règles de la CNMNM stipulent que le nom des nouvelles espèces doit faire allusion à sa composition chimique (p. ex. *nalipoite*), à une ou des propriétés physiques, aux environs géographiques de sa découverte (p. ex. *hilairite*, *latrappite*, *varenneseite*, *gaspéite*), ou à une personnalité ayant fait une contribution substantielle à la minéralogie ou à une science connexe.

Les noms des minéraux découverts ici brossent un portrait nécessairement incomplet mais néanmoins instructif de l'histoire de la minéralogie scientifique et amateur au Québec. Les *dawsonife*, *weloganite* et *thomasclarkite* rendent hommage aux pionniers qui fournirent les premières études géologiques systématiques de notre territoire. L'*oneillite* rappelle l'auteur de la première description géologique de MSH, qui y identifia la présence d'*eudyalite* et d'autres minéraux peralcalins. La *perraultite* est dédiée au professeur et minéralogiste (retraité) de l'École Polytechnique qui dirigea les études les plus complètes menées à ce jour sur la pétrologie de MSH. Les *donnayite* et *gaidonnayite* honorent un couple remarquable qui finirent leur carrière de cristallographes à l'université McGill et leurs jours au pied de MSH. Les *horvathite-Y*, *petarasite*, *charmarite* et *normandite* sont dédiées à la générosité

de collectionneurs passionnés. La *spertinilite* rend hommage au géologue et collectionneur averti qui appuya vigoureusement la fondation du musée de Thetford Mines

Les *sabinaite*, *griccite*, *gaultite* et *carletonite* nous rappellent toutefois que la plupart des minéraux découverts sur le territoire québécois sont étudiés ailleurs et généralement déposés à la Commission Géologique du Canada, au Musée royal de l'Ontario, ou au Musée Canadien de la Nature. Pourquoi? Il se trouve que l'étude détaillée de nouveaux minéraux et leur conservation demandent une expertise et un équipement spécialisés, maintenus à Ottawa et Toronto.

Par ailleurs, la recherche universitaire québécoise en sciences de la Terre est fortement encouragée à soutenir directement le développement économique de la province. Les noms des *franconite*, *pouddretteite* et *gerenite-Y* soulignent d'ailleurs le lien direct entre leur découverte et l'industrie minière. Les minéralogistes d'aujourd'hui sont mis à contribution par les secteurs de l'exploration minière, la géotechnique, et l'hygiène industrielle.

Finalement, le champ d'action du minéralogiste évolue continuellement grâce à la capacité croissante de reproduire en laboratoire la croissance de minéraux magmatiques, hydrothermaux ou sédimentaires et d'examiner leur réactivité. Les résultats peuvent être aussi fascinants qu'esthétiques et gagneraient à être mieux connus des minéralogistes amateurs et du grand public.



## THE FAME AND SIGNIFICANCE OF MONT SAINT-HILAIRE AS A MINERAL LOCALITY

László Horváth

*Amateur mineralogist*

When traveling on Autoroute 20 between Montréal and Québec, the only natural landmark of any significance situated near the highway is the dome-like prominence of Mont Saint-Hilaire, while similar landmarks like Mont Rougemont and Mont Yamaska are visible in the distance. Because of its steep northern and northwestern slopes, Mont Saint-Hilaire appears much higher than its modest 350 m elevation, and in this flat and featureless part of southern Québec, these hills attain, the grandiose appellation of mountains, as they are commonly referred to. What is also immediately visible on the northeast slope of Mont Saint-Hilaire is something that appears like an open wound, the triangular outline of an open cut, the Poudrette quarry, that many people probably consider a blemish on the aesthetics of the mountain. Very few people however, will know that this opening represents not only the most famous mineralogical sites in Québec and Canada, but also one of the best-known and celebrated sites in the world. For mineral collectors all over the world, the Poudrette quarry is a shrine of almost mythical stature that they have already visited or hope to visit in their lifetime like a site of pilgrimage. For mineralogists, geologists, petrologists and crystallographers it is also a star-attraction and a place they must visit, and hundreds of them have already done so, for its intriguing geological features and incredibly rich treasury of minerals. In the past 35 years, at least one book and hundreds of articles, in professional and amateur collector publications, were published on various mineralogical studies and discoveries made at Mont Saint-Hilaire. Mineral museums and private collections around the world hold thousands of treasured and admired specimens from here, many of which contain unique and exotic species, some of them originally discovered here. How and why did this small "mountain" and the quarry achieve this world-wide fame and renown in a relatively short time of less than 40 years and what is the scientific significance of this fame?

Mont Saint-Hilaire and nine other hills, collectively known as the Monteregian Hills, represent a very interesting part of the geological history of the St-Lawrence lowlands. They are the visible parts of a series of genetically related igneous intrusions which occurred about 125-135 million years ago (Cretaceous period), when molten alkaline rock intruded the much older (400-450 million year old) Paleozoic sediments, mostly Richmond and Lorrain limestones and shales. Contrary to popular belief there is no evidence of extrusive volcanic (eruptive) activity here or at any of

the other Monteregian Hills. According to currently accepted theory, along a nearly linear fault line, the molten lava worked its way upward from great depth, by melting the older sedimentary rock above and eventually solidifying beneath the surface. As a result of more than 120 million years of erosion, during which the softer sedimentary rocks eroded at a faster rate than the hard igneous rocks, the present form of the hills emerged. During this period, a rather staggering estimated 2-3000 m of sedimentary rock was worn down and removed by glacial and other forms of erosion, to partially expose these intrusions. The unexposed portions of these hills extend to considerable depth and are likely to be many times greater than the exposed parts. Other known but deeper intrusions have never been exposed and have only been detected by geomagnetic surveys, while other small igneous bodies such as sills and dikes associated with the Monteregian magmatism have been exposed in building excavations and quarries in the general area. The ten roughly coeval Monteregian Hills form a string approximately 230 km long, and include from west to east: Oka, Mont-Royal, Mont Bruno, Mont Saint-Hilaire, Rougemont, Mont Saint-Gregoire, Mont Yamaska, Mont Shefford, Mont Brome and Mont Mégantic.

### THE HISTORY OF GEOLOGICAL AND MINERALOGICAL RESEARCH

Geologists have recognized the igneous origin of these hills as early as in the middle of the 19<sup>th</sup> century (Hunt, 1859 and 1863), and the classic study by Adams, (1903) established the genetic connection between 8 of the hills and given the appellation Monteregian Hills Petrographic Province. The name (which incidentally is the origin of *Montréal*), was given by F.D. Adams for the best studied hill at the time, Mont Royal (*Mons Regius* in Latin), situated in the central part of the city of Montréal. The genetic connection of two of the hills, Oka and Mont Mégantic, at the western and eastern end of the chain, were recognized later. The geology of Mont Saint-Hilaire was first studied by O'Neill, (1915) who was also the first to find and identify some of the exotic minerals occurring there, for which the "mountain" became so well known in recent years. From the period of the next 50 years, there is no evidence of further studies. The current scientific prominence of Mont Saint-Hilaire (MSH in the foregoing) is attributable to the opening of a commercial enterprise,

namely the Carrières R. Poudrette Inc. in 1954, followed later by the adjacent Carrières Desourdy and Carrières Demix (De-Mix earlier). Carrières Desourdy operated for a short period in the 1960's, before being absorbed by Carrières Demix. Carrières Demix was inactive from 1981 to 1992, when the quarry property was acquired and absorbed by Carrières R. Poudrette Inc. Carrières R. Poudrette is now a single excavation of approximately 540 m long and 200 m wide with maximum depth of approximately 100 m.

The first indication of the interesting mineralogy came to light in 1963, when a local mineral collector, Frank Melanson, visited the quarries and found a number of unusual, well-crystallized minerals he could not recognize. One of the first specimens identified from this first lot by Prof. Guy Perrault at the École Polytechnique was sérandite (Perrault and Boissonnault, 1964), a rare silicate that was only known from a single remote locality in the Republic of Guinea (former Guinée Française) in Africa. This mineral became one of the best known signal species from MSH, easily recognized now due to the marvelous examples residing in numerous museum and private collections world-wide. The identification of sérandite was quickly followed by the discoveries of many other rare and exotic minerals, and beginning in 1967, the name of Mont Saint-Hilaire entered the mineralogical literature through the combined efforts of a number of Canadian mineralogists (Chao *et al.*, 1967). The principal participants in the early mineralogical investigations were Prof. G. Perrault and graduate student J. Boissonnault (1966) at École Polytechnique, Prof. G.Y. Chao at Carleton University in Ottawa, and to a lesser extent Dr. J.A. Mandarino of the Royal Ontario Museum in Toronto. Graduate students K.C. Rajasekaran, (1966) and D.P. Gold, (1963) at McGill University, and Dr. K.L. Currie (1983, 1989 and Currie *et al.*, 1986) of the Geological Survey of Canada were involved with studies of the geology, petrology and geochemistry. Prof. Chao was intensely and continuously involved with the mineralogical work for thirty years, until his retirement in 1995. During this time he has described or participated in the description of 25 new mineral species from MSH. From about 1980 to the present, Dr. J.D. Grice, R.A. Gault and J. Van Velthuisen, mineralogists of the Canadian Museum of Nature in Ottawa, have been the other principal participants in the mineralogical research. These individuals participated in the description of 23 new minerals from Mont Saint-Hilaire. Prof. A.M. McDonald now at Laurentian University in Sudbury, Ontario, joined the ranks of principal researchers in 1989 as a doctoral candidate with Dr. Chao (McDonald, 1992), and has been continuously involved in the investigations of MSH minerals since that time. There has been periodic involvement of other researchers from Canada and abroad, and graduate students mostly from Ontario universities. The early interest shown by scientists and graduate students in Montréal area universities, including that of Prof. Perrault, practically ceased by

1971, and in the last 30 years, hardly any significant work was done in Québec on the geology, petrology or mineralogy of Mont Saint-Hilaire. It is a rather curious and sad fact that all mineral identification work and the descriptions of new minerals are done outside the province, due to the almost total lack of interest shown in the major universities in Montréal and the rest of the province. This lack of interest extends not only to MSH but also the other, now world-famous Monteregian mineralogical sites, such as the Saint-Michel sill (Francon quarry) and the Saint-Amable sill localities.

## LITERATURE

The dominant scientific publication for papers on Monteregian mineralogy, mostly new species and structure descriptions, has been the *Canadian Mineralogist* for the last 37 years, with a few articles published in American and European periodicals. Articles on Monteregian (not always specific to MSH) geology, petrology and geochemistry were mainly published in specialized Canadian and international publications. Approximately 10-12 unpublished theses (M.Sc and Ph.D) by graduate students at Québec and Ontario universities are also an important part of the literature. In the field of popular, topographic mineralogy, with the exception of a single book by Mandarino and Anderson, (1989), most of the published literature was written by amateur mineralogists, including the author of this paper. This literature consists of articles and extensive monographs published in foreign journals. These include the following: USA (Horváth and Gault, 1990; Wight and Chao, 1995), Germany (Horváth, 1979; Horváth and Horváth-Pfenninger, 2000), Italy (Horváth and Pfenninger-Horváth, 2000) and France (Horváth and Gault, 1991, 1992, 1993 and 1994 (this is the French translation of Horváth and Gault, 1990); Horváth and Horváth, 1998). Many articles were also published on MSH gemstones in international gemmological publications; this work was reviewed and summarized in a monograph by W. Wight (1996). Unfortunately, since the early papers of Prof. Perrault, more than 30 years ago, hardly anything of significance has been published in French in Québec on MSH or Monteregian mineralogy.

## THE SCIENTIFIC SIGNIFICANCE OF MSH

What is the scientific significance of MSH as a mineralogical locality? One may begin by noting that there are about 3900-4000 valid mineral species known on the planet, with an additional 50-60 new species added to this number annually. At MSH there are a remarkable 347 confirmed mineral species of which 44 are type minerals (minerals first discovered here). Another approximately 45 undetermined mineral phases are being studied as potentially new species. This means that the number of minerals identified from MSH represent close to 10% of all known

species, and more than 1% were discovered here. This is even more remarkable because of the very small area of investigation, represented by the Poudrette quarry, approximately 540 x 200 m. Although reliable statistics on such data are not kept, the concentration of the total number of species and newly discovered minerals for the volume of rock removed from the Poudrette quarry is believed to be one of the highest for any known site.

When mineral localities are ranked (the ranking is informal), usually two main criteria are considered, the total number of species and the number of type minerals (minerals originally discovered at the site) occurring at the locality. On both counts MSH is in the top 6 of the rankings, and if we classify the localities properly the ranking is even higher. The current rankings are shown in table 1.

The Khibiny complex in Russia is ranked the highest for the number of mineral species, followed by the Lavrion area in Greece, Mont Saint-Hilaire and the Franklin and Stirling Hill localities in the USA are practically even. The significant difference among these localities is that Mont Saint-Hilaire is single site (one excavation in a well-defined area), whereas the others combine multiple sites (a number of mines in a given area), sometimes separated by distances of over 25 km covering areas as large as 1200 km<sup>2</sup> (Khibiny). It is debatable whether or not single site or multiple site localities can be compared as shown in the table. It is obvious that as a single site locality MSH ranks the highest closely followed by Grube Clara in Germany. No matter how we look at it whether it is ranked third or first MSH is in the very exclusive top ranks.

For the second objective criteria, the number of new minerals described from a given locality (type minerals), the rankings are shown in table 2.

Mont Saint-Hilaire is ranked sixth overall, but first again as a single site locality. Of course one of the important aspects to consider with respect to the total numbers of species and type minerals is the length of time the various sites have been studied. For instance, the minerals of Vesuvius in Italy and Schneeberg in Germany have been studied for over 300 years, those of Franklin and Stirling Hill in the USA and Langbån in Sweden for over 150 years and the Khibiny and Lovozero complexes in Russia for over 100 years. By comparison, the mineralogy of MSH has been under study for less than 40 years. Some of these top ranked sites however, are essentially exhausted as far as new mineral discoveries are concerned, while MSH is very active and is likely to surpass some in the future.

Most often MSH is compared to localities with similar genetic origins and mineralogy, in other words with other igneous complexes, which are classified by geologists and petrologists as alkaline intrusions. This classification is based on the predominance sodium and potassium (Na and K) in the rock-forming minerals. The best-known and studied alkaline complexes are Khibiny, Lovozero, Kovdor and Vishnevye Gory in Russia, Ilímaussaq in Greenland, the Langesundfjord area complex in Norway and Mont

Top mineral localities	Number of species
Khibiny complex, Russia [MS]	375
Lavrion area, Greece [MS]	360
Mont St-Hilaire, Canada [SS]	347
Franklin & Sterling Hill, USA [MS]	346
Grube Clara, Germany [SS]	340
Lovozero complex, Russia [MS]	311
Bisbee, USA [MS]	285
Norilsk, Russia [MS]	267
Langbån, Sweden [MS]	262
Schneeberg, Germany [MS]	250
Broken Hill, Australia [MS]	237
Tsumeb, Namibia [SS]	220
Ronneburg & Culmitzsch, Germany [MS]	214
Bellerberg, Germany [SS]	200
Vishnevye Gory, Russia [ML]	200
Pøibram, Czech Republic [MS]	200
Ilímaussaq complex Greenland [MS]	190
St. Andreasberg, Germany [MS]	189
Vesuvius, Italy [MS]	180
Langesundfjord area complex, Norway [MS]	177

TABLE 1 - Ranking of mineral localities according to the total number of species; [MS] = multiple sites, [SS] = single site.

Top type localities	Type minerals
Lovozero complex, Russia [MS]	75
Franklin & Sterling Hill, USA [MS]	69
Langbån, Sweden [MS]	67
Khibiny complex, Russia [MS]	61
Vesuvius, Italy [MS]	58
Mont St-Hilaire, Canada [SS]	44
Schneeberg, Germany [MS]	35
Tsumeb, Namibia [SS]	31
Norilsk, Russia [MS]	30
Ilímaussaq complex, Greenland [MS]	27
Lengenbach, Switzerland [SS]	23
Jáchymov, Czech Republic [SS]	22
Langesundfjord area complex, Norway [MS]	21
Tobalchik volcano, Russia [MS]	21

TABLE 2 - Ranking of mineral localities according to the number of new minerals described from a given locality (type minerals); [MS] = multiple sites, [SS] = single site.

Saint-Hilaire. To explain the reasons for the extraordinary proliferation of mineral species, at MSH and these other alkaline complexes, is beyond the scope of this short paper. In short, the main reason is the great abundance of various chemical elements in the magma, combined with particular geochemical conditions that make the great number of chemical and structural combinations possible.

There are many similarities in the mineralogy among these localities and many of the same exotic species occur in each one. For instance, of the 347 species found at MSH more than 190 are also found at Khibiny, 183 at Lovozero and 100 at Ilimaussaq. Sometimes the new or rare species are found simultaneously at more than one site and some of the new species have been described from more than one of these localities. An interesting example is the mineral, kukharenkoite-(Ce), which was simultaneously described from two Canadian (including MSH) and two Russian localities by a group Canadian and Russian scientists. In some cases scientists in two countries work on the definition of a new species from different localities without being aware of each other's work, and the first researcher who submits the proposed new mineral description to the International Mineralogical Association (IMA) for approval wins the race. For those unfamiliar with the approval process for new minerals, proposals and specific data for new minerals are submitted to an international body, the IMA Commission for New Minerals and Mineral Names (IMA CNMMN). The Commission, consisting of an international group of mineralogists, reviews the submitted data and after a vote may accept the new mineral and its name. There are at least 6 minerals which came close to being described as type minerals from MSH, and one them, lintisite, was submitted by Canadian researchers just 2-3 weeks after the submission by a Russian team. Of course the same thing also happened in reverse when the Canadian submission of rouvilleite was just ahead of the Russians. The main competition in this field in the last 30 years has been between Russian and Canadian researchers involving mainly minerals from Khibiny and Lovozero complexes in Russia and Mont Saint-Hilaire in Canada.

#### MONT SAINT-HILAIRE TYPE MINERALS

The first new mineral species described from MSH was lemoynite, in 1969, a species which was unique to MSH until 1997 when it was found at a second Canadian locality. The next mineral was carletonite, described in 1971, and this mineral remains unique for MSH even after 30 years. Other new mineral description followed over the next 30 years, peaking in 1997 when 5 new species were described. Table 3 presents the list of minerals species first discovered at Mont Saint-Hilaire with the year of description and references.

Apart from the great abundance of species and the many new species discovered at MSH, it is also important to note the character of these species and the quality of the mostly

crystallized specimens. MSH for instance is one of the richest localities for minerals containing rare earth elements (REE), such as cerium (Ce), lanthanum (La) and yttrium (Y). Of the approximately 250 known rare earth element minerals, more than 60 or 24% are found at MSH, and 13 of these or 5.2% were in fact discovered here. Many of the minerals also contain such rare elements as niobium, zirconium, beryllium and boron, but none in sufficient quantity to be economically significant. For crystallographers, MSH provided not only many new minerals but also new structure types, and suitable specimens for solving the structures of species discovered elsewhere.

For the mineral collector and museums of natural history, MSH is the source of superb, scientifically important and unique specimens, sometimes of incomparable quality and aesthetic appeal. Mineral specimens collected here with the kind permission and understanding of the owners of the quarries, especially the Poudrette family, are now gracing numerous private and institutional collections all over the world. Many of these beautifully crystallized specimens represent the finest and the largest crystals known for their species, and their photos appear in numerous books and periodicals. A relatively little-known fact is that some of rare minerals from MSH were also crafted into faceted gemstones (Wight, W., 1996), which are now in gem collections all over the world along with the mineral specimens. In the scientific literature, MSH as a mineral locality and its minerals are already well-established and the names of its type minerals are immortalized, testifying to its well-deserved fame and importance as a great global scientific treasure.

#### SELECTED REFERENCES

- ADAMS, F.D., 1903 - The Monteregian Hills - a Canadian petrographical province. *Journal of Geology*, v. 11, 239-282.
- BOISSONNAULT, J., 1966 - La minéralogie des intrusions alcalines du Mont St-Hilaire, P.Q. Unpublished M.Sc. Thesis, École Polytechnique, Montréal. 100 p.
- CHAO, G.Y. - HARRIS, D.C. - HOUNSLOW, A.W. - MANDARINO, J.A. - PERRAULT, G., 1967 - Minerals from the nepheline syenite, Mont St-Hilaire, Quebec. *Canadian Mineralogist*, v. 9, 109-123.
- CURRIE, K.L., 1983 - An interim report on the geology and petrology of the Mont St-Hilaire pluton, Quebec. Geological Survey of Canada Paper, 83-1b, 39-46.
- CURRIE, K.L., 1989 - Geology and Composition of the Mont Saint-Hilaire pluton, Southern Québec. Geological Survey of Canada Open file # 2031, 35 p., 1 map.
- CURRIE, K.L. - EBY, G.N. - GITTINS, F., 1986 - The petrology of Mont St-Hilaire complex, southern Quebec: An alkaline gabbro-peralkaline syenite association. *Lithos*, v. 19, 65-81.
- GOLD, D.P., 1963 - The relationship between the limestones and the alkaline igneous rocks of Oka and St-Hilaire, Quebec. Ph.D. Thesis, McGill University, Montréal. 354 p.
- HORVÁTH, L. - GAULT, R.G., 1990 - The mineralogy of Mont Saint-Hilaire. *Mineralogical Record*, v. 21, 284-359.

Mineral	Year	Reference
Lemoynite	1969	Perrault <i>et al.</i> , (1969)
Carletonite	1971	Chao, G.Y., (1971)
Hilairite	1974	Chao <i>et al.</i> , (1974)
Gaidonnayite	1974	Chao and Watkinson, (1974)
Yofortierite	1975	Perrault <i>et al.</i> , (1975)
Monteregianite-(Y)	1978	Chao, G.Y., (1978)
Donnayite-(Y)	1978	Chao <i>et al.</i> , (1978)
Petarasite	1980	Chao <i>et al.</i> , (1980)
Paranatrolite	1980	Chao, G.Y., (1980)
Steacyite	1982	Perrault and Szymanski, (1982)
Doyleite	1985	Chao <i>et al.</i> , (1985)
Hochelagaite	1986	Jambor <i>et al.</i> , (1986) [MSH =TL2]
Thornasite	1987	Ansell, V. and Chao, (1987)
Poudretteite	1987	Grice <i>et al.</i> , (1987)
Griceite	1989	Van Velthuisen and Chao, (1989)
Nalipoite	1991	Chao and Ercit, (1991)
Rouvilleite	1991	McDonald <i>et al.</i> , (1991)
Silinaite	1991	Chao <i>et al.</i> , (1991)
Perraultite	1991	Chao, G.Y., (1991)
Gaultite	1994	Ercit and Van Velthuisen, (1994)
Fluorbritholite-(Ce)	1994	Gu <i>et al.</i> , (1994)
Abenakiite-(Ce)	1994	McDonald <i>et al.</i> , (1994)
Petersenite-(Ce)	1994	Grice <i>et al.</i> , (1994)
Reederite-(Y)	1995	Grice <i>et al.</i> , (1995)
Calcioburbankite	1995	Van Velthuisen <i>et al.</i> , (1995)
Kukhareenkoite-(Ce)	1997	Zaitsev <i>et al.</i> , (1997) [MSH =TL2]
Normandite	1997	Chao and Gault, (1997)
Sheldrickite	1997	Grice <i>et al.</i> , (1997)
Horváthite-(Y)	1997	Grice and Chao, (1997)
Lukechangite-(Ce)	1997	Grice and Chao, (1997)
Thomasclarkite-(Y)	1998	Grice and Gault, (1998)
Quintinite	1998	Chao and Gault, (1998)
Charmarite	1998	Chao and Gault, (1998)
Caresite	1998	Chao and Gault, (1998)
Manganokhomyakovite	1999	Johnsen <i>et al.</i> , (1999)
Khomyakovite	1999	Johnsen <i>et al.</i> , (1999)
Oneillite	1999	Johnsen <i>et al.</i> , (1999)
Niobokupletskite	2000	Piilonen <i>et al.</i> , (2000)
Adamsite-(Y)	2000	Grice <i>et al.</i> , (2000)
Natrolemoynite	2001	McDonald <i>et al.</i> , (2001)
Micheelsenite	2001	McDonald <i>et al.</i> , (2001)
Haineaultite	2002*	McDonald <i>et al.</i> , (* publication pending)
Ferrokentbrooksite	2002*	Johnsen <i>et al.</i> , (* publication pending)

**TABLE 3** - List of minerals species first discovered at Mont Saint-Hilaire with the year of description and references.

- HORVÁTH, L. - GAULT, R.G., 1991-94 - La Minéralogie du Mont Saint-Hilaire. Le Cahier des Micromonteurs, (France) 1991: No.2, 20-35, No.3, 3-20; 1992: No.1, 11-33, No.2, 3-10, No.3, 3-24, No.4, 31-38; 1993: No.1, 22-31, No.3, 7-18; 1994: No.1, 7.
- HORVÁTH, L. - HORVÁTH, E.. 1998 - Prospections récentes au Mont Saint-Hilaire, Québec, Canada. Le Règne Minéral, (France) No.23, 29-35.
- HORVÁTH, L. - HORVÁTH-PFENNINGER, E., 2000 - Die Mineralien des Mont Saint-Hilaire. Lapis, v. 25, 23-61 (in German).
- HORVÁTH, L. - HORVÁTH-PFENNINGER, E., 2000 - Mineralogisches "Schatzkästchen" im Südosten Kanadas: Mont Saint-Hilaire, Québec. Lapis, v. 25, 13-22 (in German).
- HORVÁTH, L. - PFENNINGER-HORVÁTH, E., 2000 - I minerali di Mont-Saint-Hilaire (Québec, Canada) Rivista Mineralogica Italiana, XXIV, 140-202 (in Italian with English summary).
- HUNT, T.S., 1859 - Report on the intrusive rocks in the vicinity of Montreal. in *Geological Survey of Canada Report for the year 1858*. Geological Survey of Canada, Montreal 171-188.
- HUNT, T.S., 1863 - Eruptive rocks. (Chapter XX) 643-669 in *Geology of Canada*. edited by Logan, W.E. *et al.* Published by Geological Survey of Canada, Montreal. 983 p.
- MANDARINO, J.A. - ANDERSON, V., 1989 - *Monteregian Treasures: The Minerals of Mont Saint-Hilaire, Quebec*. Cambridge University Press, New York, 281 p.
- McDONALD, A.M., 1992 - The crystal structures of three minerals, phosinaite-(Ce), abenakiite-(Ce) and yoshimuraite, with remarks on the crystal chemistry of silicophosphates. Ph.D. Thesis, Carleton University, Ottawa, Canada. 188 p.
- O'NEILL, J.J., 1915 - Montagnes de St-Hilaire (Beloeil) et de Rougemont Québec. Geological Survey Canada, Memoir 43. 118 p.
- PERRAULT, G. - BOISSONAUULT, J., 1964 - Serandite from St-Hilaire, P.Q. *Canadian Mineralogist*, v. 8, 398 (Abstract).
- RAJASEKARAN, K.C., 1966 - The petrology of nepheline syenites at Mount St-Hilaire. Unpublished Ph.D. Thesis, McGill University, Montréal. 226 p.
- WIGHT, Q. - CHAO, G.Y., 1995 - Mont Saint-Hilaire revisited. *Rocks and Minerals*, v. 70, 90-103; 131-138.
- WIGHT, W., 1996 - The gems of Mont Saint-Hilaire, Quebec, Canada. *Journal of Gemmology*, v. 25, 24-44.

# PARTIE V

## LES MÉTÉORITES DU QUÉBEC

LES COLLECTIONS DE MÉTÉORITES AU QUÉBEC <i>André Bordeleau et Pierre Lacombe</i> .....	145
LES MÉTÉORITES DU QUÉBEC ET D'AILLEURS <i>Pierre Lacombe</i> .....	149



## LES COLLECTIONS DE MÉTÉORITES AU QUÉBEC

André Bordeleau et Pierre Lacombe

*Planétarium de Montréal*

Le but de cet article est de dresser une liste complète de toutes les collections de météorites au Québec pour en déterminer et en apprécier l'ampleur. Ces collections, qu'elles soient privées ou publiques, seront considérées comme une partie intégrale du patrimoine géologique québécois.

Pour ce faire, nous avons décidé de rentrer en contact avec toutes les institutions publiques et tous les individus susceptibles de posséder une collection de météorites non pas seulement au Québec mais pour l'ensemble du Canada. Nous avons ensuite confirmé que ces institutions ou ces individus possédaient bel et bien une collection de météorites, si modeste puisse-t-elle être. Nous avons également tenté, autant que possible, d'obtenir une liste complète de la collection de météorites incluant l'origine de tous les fragments et leur masse. Ceci nous a non seulement permis d'amasser des informations concernant les institutions et individus qui collectionnent des météorites mais également d'évaluer le nombre de météorites québécoises qui font partie de collections dans les autres provinces canadiennes.

Contrairement aux institutions publiques qui, règle générale, acceptent de fournir l'information concernant leurs collections, convaincre un individu de révéler le contenu de sa collection de météorites n'est pas une sinécure. Malheureusement, plusieurs collectionneurs québécois et canadiens semblent adopter la philosophie des vendeurs et des collectionneurs américains : la protection du patrimoine canadien est beaucoup trop sévère, elle ne devrait pas tenir compte des météorites de toute façon et le libre-marché devrait gérer ce domaine. Ils sont très méfiants d'organismes tel que le CCMI (MIAC) qu'ils considèrent comme une menace pour leurs collections. Ils sont donc réticents à partager l'information avec les chercheurs. Toutefois, certains ont accepté de coopérer et l'ensemble de leur collection est inclus dans la liste qui suit. Nous avons également inclus les noms des collectionneurs de météorites qui ont refusé de participer. Il va sans dire que l'information sur ces dernières collections est pratiquement inexistante.

Le tableau 1 présente les noms des individus et institutions qui ont bien voulu participer à notre sondage. Nous avons identifié trois types de collections : universitaire, muséale et privée (deux exceptions : la collection nationale et celle du Dominion Astrophysical Observatory). Le classement est fait selon l'ordre alphabétique des provinces et contient l'information suivante : le type de collection, le nombre de météorites (soit le nombre total de fragments)

dans ladite collection et si la collection contient des échantillons québécois ou canadiens. Pour les besoins de la cause, les météorites québécoises seront archivées indépendamment des météorites canadiennes. Vous trouverez en annexe le nom des météorites québécoises et canadiennes que l'on retrouve dans les collections que nous avons identifiées. Finalement, nous présenterons également une liste des météorites québécoises connues à ce jour.

### MÉTÉORITES QUÉBÉCOISES

Chambord : Trouvaille, 1904, Acquisée par la CGC.

Chibougamau : Trouvaille, 1972 (?), acquise par le Planétarium de Montréal, 1997, classification en cours.

Penouille : Trouvaille, 1984, acquise par le Planétarium de Montréal, 1995.

Lac Dodon : Trouvaille, 1993, acquise par la CGC, 1995.

Saint-Robert : Chute, 1994.

### ANNEXE

Un Consortium a été formé en 1994 pour acquérir six échantillons de la météorite de Saint-Robert. Ces fragments (indiqués par un \* dans les notes explicatives du tableau 1) étaient la propriété de M. Pierre Sasseville. Le Consortium était composé de :

- Professeur Michel A. Bouchard et fonds de recherche (2 parts)
- Université Laval (2 parts)
- Ministère des Ressources Naturelles, de la Faune et des Parcs (2 parts)
- Université du Québec à Rimouski (2 parts)
- INRS-Géoressources (1 part)
- Musée de la Civilisation du Québec (1 part)
- Université McGill (1 part)
- Université de Montréal (1 part)
- École Polytechnique (1 part)
- Association professionnelle des Géologues et des Géophysiciens du Québec (1 part)
- Université du Québec à Montréal (1 part)
- Université Concordia (1 part)

Le Cosmodôme ne possède pas sa propre collection de météorites, cependant le fragment principal (757 g) acheté par le Consortium lui a été prêté en permanence par le Musée de la Civilisation du Québec.

NOM	PROVINCE	TYPE DE COLLECTION	NOMBRE DE MÉTÉORITES	MÉTÉORITES CANADIENNES	MÉTÉORITES QUÉBÉCOISES
Alberta Provincial Museum	ALTA	Muséale	8	oui <sup>1</sup>	non
Doug Hube	ALTA	Privée	3	oui <sup>2</sup>	non
Murray Paulson	ALTA	Privée	59	oui <sup>3</sup>	non
University of Calgary	ALTA	Universitaire	14	oui <sup>4</sup>	non
University of Edmonton	ALTA	Universitaire	759	oui <sup>5</sup>	non
Dominion Astrophysical Observatory	CB	Scientifique	n/d	n/d	n/d
Richard Huziak	CB	Privée	2	n/d	n/d
Edward P. Majden	CB	Privée	76	oui <sup>6</sup>	non
Ken Shatford	CB	Privée	1	non	non
Chris Spratt	CB	Privée	600	n/d	n/d
Jeremy Tatum	CB	Privée	4	oui <sup>7</sup>	non
Pal Virag	CB	Privée	n/d	n/d	n/d
University of Victoria	CB	Universitaire	1	non	non
Manitoba Museum of Man and Nature Planetarium	MAN	Muséale	8	non	non
University of Winnipeg (Ed Cloutis)	MAN	Universitaire	12	non	non
University of Winnipeg (Dépt. Géologie)	MAN	Universitaire	24	oui <sup>8</sup>	non
Dean Bessey	ON	Privée	n/d	oui <sup>9</sup>	non
Jay Haynes	ON	Privée	34	non	non
Roman Jirasek	ON	Privée	228	oui <sup>10</sup>	non
Commission géologique du Canada	ON	Collection nationale	671	oui <sup>11</sup>	oui <sup>11</sup>
Lakehead University	ON	Universitaire	5	non	non
Queen's University	ON	Universitaire	18	oui <sup>12</sup>	oui <sup>12</sup>
Royal Ontario Museum	ON	Muséale	145	oui <sup>13</sup>	oui <sup>13</sup>
University of Toronto (Dépt. Géologie)	ON	Universitaire	3	oui <sup>14</sup>	non
Western University (London)	ON	Universitaire	8	oui <sup>15</sup>	oui <sup>15</sup>
Graham Wilson	ON	Privée	32	non	non
Louie Bernstein	QC	Privée	1	non	non
André Bordeleau	QC	Privée	9	non	non
Gaétan Cormier	QC	Privée	n/d	n/d	n/d
André Grandchamps	QC	Privée	1	non	non
Pierre Lacombe	QC	Privée	1	non	non
Le Musée de la Civilisation du Québec	QC	Muséale	1	non	oui <sup>16</sup>
Nathalie Martimbeau	QC	Privée	1	non	non
Planétarium de Montréal	QC	Muséale	124	oui <sup>16</sup>	oui <sup>17</sup>
Université de Montréal	QC	Universitaire	1	non	oui <sup>18</sup>
Université du Québec à Chicoutimi	QC	Universitaire	1	non	oui <sup>19</sup>
Université du Québec à Montréal	QC	Universitaire	1	non	oui <sup>20</sup>
Université Laval (Centre Muséographique)	QC	Universitaire	1	non	non
Université Laval (Dépt. Géologie)	QC	Universitaire	3	non	oui <sup>21</sup>
Université McGill (Musée Redpath)	QC	Universitaire	42	oui	non
Université McGill	QC	Universitaire	2	non	oui <sup>22</sup>

TABLEAU 1 - Collections de météorites au Canada

## Notes explicatives du tableau 1:

1 : Canadiennes : Bruderheim, Iron Creek.
2 : Canadiennes : Bruderheim.
3 : Canadiennes : Abee, Bruderheim.
4 : Canadiennes : Abee, Bruderheim, Millarville, Peace River, Vulcan.
5 : Canadiennes : Abbe, Bruderheim, Edmonton, Ferintosh, Innisfree, Mayerthorpe, Peace River, Skiff, Vilna, Vulcan.
6 : Canadiennes : Abee, Belly River, Benton, Bruderheim, Peace River.
7 : Canadiennes : Bruderheim.
8 : Canadiennes : Bruderheim.
9 : Canadiennes : Hodgeville.
10 : Canadiennes : Abee, Beaver Creek, Bruderheim, Peace River, Shelburne.
11 : Canadiennes : Abee, Annaheim, Beaver Creek, Belly River, Benton, Blaine Lake, Blithfield, Bruderheim, Bruno, Catherwood, Fillmore, Garden Head, Gay Gulch, Holman Island, Innisfree, Kinley, Madoc, Manitouwabing, Mayerthorpe, Midland, Millarville, Osseo, Peace River, Red Deer Hill, Revelstoke, Riverton, Shelburne, Skiff, Skookum, Springwater, Vulcan, Welland.
12 : Québécoises : Chambord, Lac Dodon, Saint-Robert. Canadiennes : Shelburne.
13 : Québécoises : Saint-Robert. Canadiennes : Beaver Creek, Bruderheim, Catherwood, Dresden, Giroux, Manitouwabing (prêt de l'Université de Toronto), Osseo, Peace River, Red Deer Hill, Shelburne, Springwater, Welland.
14 : Québécoises : Saint-Robert. Canadiennes : Manitouwabing (Masse principale du ROM), Kitchener.
15 : Canadiennes : Dresden, Shelburne, Springwater. Québécoises : Saint-Robert.
16 : Québécoises : *Saint-Robert. Prêt permanent au Cosmodôme.
17 : Canadiennes : Abee, Beaver Creek, Bruderheim, Peace River, Shelburne, Springwater. Québécoises : Chibougamau (Classification en cours), Penouille, Saint-Robert.
18 : Québécoises : *Saint-Robert.
19 : Québécoises : *Saint-Robert.
20 : Québécoises : *Saint-Robert.
21 : Québécoises : *Saint-Robert.
22 : Québécoises : *Saint-Robert.



## LES MÉTÉORITES DU QUÉBEC ET D'AILLEURS

Pierre Lacombe

Planétarium de Montréal

### RÉSUMÉ

Depuis la découverte que certaines météorites sont d'origine martienne ou lunaire, ces objets, venus de l'espace, sont encore plus convoités qu'autrefois. Non seulement par les scientifiques de disciplines diverses mais aussi par les collectionneurs amateurs et professionnels du monde entier. Dans ce contexte, qu'en est-il des météorites trouvées au Québec? Sont-elles rares? Où se trouvent-elles?

### INTRODUCTION

« Une météorite sème l'émoi au Québec ». « La chute d'une météorite sème l'émoi ». Ainsi titraient en première page les deux plus grands quotidiens du Québec, la Presse et le Journal de Montréal, au lendemain de la chute de la météorite de Saint-Robert.

La météorite de Saint-Robert, dont la traversée dans l'atmosphère terrestre et la chute au sol ont été observées par des milliers de personnes au Québec, en Ontario et dans le nord-est des États-Unis, a touché le sol en divers endroits près de la municipalité de Saint-Robert en Montérégie le 14 juin 1994, vers 20h00 HAE.

La fragmentation de la météorite de Saint-Robert, dont les morceaux se sont répartis sur une ellipse de chute de plusieurs kilomètres de long, succède, au Canada, à la chute de météorites qui a eu lieu le 5 février 1977 près d'Innisfree en Alberta. Saint-Robert est la première chute de météorites répertoriées au Québec. Comme l'a déjà souligné le conservateur de la collection nationale de météorites de la Commission géologique du Canada, la météorite de Saint-Robert a marqué la renaissance de l'étude des météorites au Canada et de leur intérêt auprès du public. Au Québec, la couverture médiatique concernant l'événement de Saint-Robert a été si intense qu'une nouvelle météorite québécoise a été identifiée peu après (la météorite de Penouille). Puis le nombre de personnes voulant faire identifier leur « météorite » a considérablement augmenté. Et une exposition importante sur les météorites canadiennes a été présentée au Planétarium de Montréal à l'automne 1995.

Bien entendu, les chutes récentes de météorites sur un terrain de golf de Kitchener en Ontario, le 12 juillet 1998 et sur le lac Tagish en Colombie-Britannique, le 18 janvier 2000, ont maintenu élevé l'intérêt du public pour ces pierres venues de l'espace et réjoui les géologues et astronomes étudiant ces objets.

### LA TRAVERSÉE DE L'ATMOSPHÈRE TERRESTRE

Pendant quelques secondes, pour les plaisanciers qui se reposent à la marina de Repentigny au Québec, le soir du 14 juin 1994, le spectacle n'est plus sur l'eau, il est dans le ciel : « la boule de feu et sa traînée blanche sont très visibles sur le ciel bleu. Ça s'est allumé comme du magnésium (un métal qui dégage une lumière aveuglante en brûlant), puis à peu près 45 secondes plus tard, ça a explosé ».

De la même manière, pour des automobilistes et des étudiants du Yukon et de l'Alaska, le matin du 18 janvier 2000, le spectacle n'est plus sur la route ou dans la salle de cours, il est dans le ciel : « Peu avant 9 heures, plusieurs lumières de vive intensité ont illuminé tout le ciel comme s'il était midi. La traînée éclatante a filé en direction sud à travers le ciel, et a rapidement disparu. Quelques secondes plus tard, il y a eu une grosse explosion ».

Le caractère spectaculaire des chutes de météorites est d'abord associé à la traversée de l'atmosphère terrestre. Un corps céleste ou météoroïde approchant la Terre possède une grande quantité d'énergie; une énergie potentielle due à sa position au-dessus de la surface terrestre et une énergie cinétique due à sa vitesse. Dans la majorité des cas, l'énergie cinétique domine. En fait, même à la vitesse minimum de 11,2 km/s, vitesse due seulement à l'attraction terrestre (aucun mouvement initial de l'objet par rapport à la Terre), l'énergie est si élevée qu'elle est supérieure à celle nécessaire pour vaporiser le carbone.

On remarque tout de suite que si toute cette énergie était convertie en énergie thermique à l'intérieur de l'objet lui-même, celui-ci serait entièrement vaporisé. Heureusement pour les scientifiques, ceci n'est pas le cas. Lorsque le météoroïde pénètre dans la haute atmosphère, il est brutalement ralenti. Ce freinage, dû à la force de frottement de l'air exercée sur l'objet, crée un échauffement rapide et important de l'air environnant et, dans une moindre mesure, de la surface de l'objet dont la température peut atteindre plusieurs milliers de degrés Celsius.

Par cet échauffement, les poussières et les météoroïdes de petite taille sont totalement vaporisés dans l'atmosphère terrestre. Ils se manifestent alors par une traînée lumineuse plus ou moins persistante. Ce sont les **météores**, ou dans le langage populaire, les **étoiles filantes**.

Les météoroïdes plus massifs pénètrent plus profondément dans l'atmosphère terrestre et donnent lieu à des phénomènes lumineux plus longtemps observables. Pendant

toute la phase de décélération dans l'atmosphère, la surface du météoroïde est fondue, vaporisée et éjectée, laissant sur son passage une traînée de matière ionisée, de vapeurs et de poussières. Cette traînée peut être visible plusieurs minutes après la chute de la météorite. Au cours de la descente, la masse du météoroïde diminue continuellement : c'est le phénomène d'ablation. La quantité de matière perdue peut s'élever alors à plus de 95 % de la masse initiale du météoroïde.

Le météoroïde étant à la température du vide interplanétaire au moment de son entrée dans l'atmosphère terrestre, il est facile de constater que la différence de température entre l'intérieur et la surface de l'objet, qui s'élève à plus de mille degrés, va créer des tensions internes importantes. Ces tensions peuvent conduire à la fragmentation du météoroïde en plusieurs morceaux, voire même des milliers!

Vers une altitude de 20 km, la vitesse initiale du météoroïde s'est considérablement réduite, passant en moyenne de 17 km/s à 3 km/s. Cette dernière vitesse est insuffisante pour maintenir l'incandescence. Le météore s'éteint; la traînée lumineuse n'est plus visible. Le ou les fragments du météoroïde, qui ont survécu à la traversée de l'atmosphère, terminent maintenant leur course en chute libre. Leur trajectoire s'incurve peu à peu vers la verticale et leur vitesse est gouvernée principalement par la gravité et la résistance de l'air. La vitesse terminale est d'ailleurs atteinte après quelques secondes et les observations visuelles de la chute de petites météorites (1 à 100 kg) nous permettent d'évaluer celle-ci entre 125 et 250 m/s en moyenne.

Les fragments, qu'on peut appeler maintenant des météorites, se répartissent au sol dans une zone appelée ellipse de chute. Celle-ci peut s'étendre sur plusieurs kilomètres de long et on retrouve habituellement les météorites les plus grosses à l'extrémité avant de l'ellipse. L'exemple de la météorite de Saint-Robert est conforme à cette description.

Des phénomènes sonores sont souvent associés à la chute d'une ou de météorites. Tout d'abord, on entend la ou les explosions correspondant à l'onde de choc qui a grandi à l'avant du ou des bolides. Le passage du mur du son par les avions supersoniques nous a familiarisés avec ce type de détonations. Les turbulences de l'air qui se produisent à l'arrière du ou des bolides peuvent aussi engendrer des bruits comparables au roulement du tonnerre. Puisque ces sons se propagent à une vitesse beaucoup plus faible, ils arrivent au sol après la chute de la météorite. Les observateurs parlent ainsi d'explosions après avoir vu le phénomène lumineux (exemples de Saint-Robert et de Tagish Lake).

Les témoins, situés près de l'endroit où la ou les météorites frappent le sol, parlent aussi d'une sorte de sifflement. Ils comparent ce bruit particulier à celui d'une « étoffe que l'on déchire » ou comme le « bruissement des ailes d'un oiseau ».

Les météoroïdes de grande taille sont très peu ralentis dans l'atmosphère terrestre et touchent la surface à très grande vitesse, proche de la vitesse initiale de collision

avec la Terre. Le choc est alors très violent et il y a formation d'un cratère d'impact.

## LA CLASSIFICATION DES MÉTÉORITES

De nombreuses roches ou objets peuvent être pris par erreur pour des météorites. Diverses caractéristiques permettent cependant de distinguer la plupart des météorites : elles sont souvent plus denses que les roches terrestres; elles sont recouvertes d'une mince croûte de fusion qui s'est formée lors de la traversée de l'atmosphère; elles possèdent des minéraux métalliques qui les rendent magnétiques; et elles montrent souvent, à la surface, des dépressions appelées regmaglyptes créées par le frottement de l'air sur la météorite.

Lorsque la météorite demeure trop longtemps sur le sol, les conditions climatiques locales peuvent rendre alors l'identification très difficile. La croûte de fusion peut être brisée, rouillée, ou même avoir disparu. Des tests sont nécessaires et les méthodes utilisées pour étudier les météorites sont les mêmes que celles qu'on emploie pour l'étude des roches terrestres. Aujourd'hui, en plus des analyses chimiques traditionnelles, on utilise le microscope optique, le microscope électronique, la microsonde électronique et à l'occasion, le spectromètre de masse. Toutes ces techniques permettent de mieux connaître la nature des minéraux contenus dans la météorite et de mieux classer les météorites afin de les comprendre.

Les météorites sont les plus anciennes roches connues dans tout le système solaire. Elles présentent, pour la grande majorité, des structures physiques très différentes des roches terrestres. Les analyses chimiques, minéralogiques et pétrologiques ont permis de classer les météorites en trois grandes catégories :

- les météorites pierreuses ou aérolithes, parmi lesquelles on distingue les chondrites et les achondrites,
- les météorites métalliques ou sidérites, et
- les météorites mixtes ou sidérolithes.

Les météorites pierreuses représentent plus de 80 % des météorites trouvées sur Terre. L'olivine et le pyroxène, minéraux riches en fer et en magnésium, sont abondants dans les météorites pierreuses. Au contraire des roches terrestres, on trouve dans les météorites les plus abondantes de ce type, des structures sphériques, appelées chondres, réparties dans une matrice formée de silicates et de grains métalliques. Selon qu'elles renferment ou non ces fameux **chondres**, les météorites pierreuses sont classées en deux groupes : les chondrites et les achondrites.

Les **chondrites** ordinaires tirent leur nom des chondres, de petites sphères d'un diamètre allant de 0,1 à 10 mm, répartis dans la matrice de la météorite. Les chondres sont constitués de silicates (olivine et pyroxène), de verre, et de quantités mineures de ferronickel et de sulfure de fer. On pense que les chondres, les inclusions et la matrice des chondrites ont tous été formés il y a 4,5 milliards d'années, dans la nébuleuse solaire originale. Selon la teneur et la

distribution de fer qu'elles contiennent, les chondrites sont divisées en trois groupes distincts : les groupes H, L et LL. De plus, chacun des groupes est subdivisé en types pétrologiques, identifiés par un chiffre de 1 à 7, selon les modifications chimiques et texturales dues au métamorphisme thermique qu'a subi l'objet dont provient la météorite.

Les chondrites carbonées (groupe C) sont considérées comme les météorites les plus primitives chimiquement. La composition de ces météorites est proche de celle de la matière primitive à partir de laquelle les planètes comme la Terre se sont formées. Elles ne contiennent pas ou peu de métal, qui se trouve être entièrement oxydé et les chondres sont peu nombreux ou même absents. Les chondrites carbonées constituent un groupe assez hétérogène car on y recense une grande variation dans les quantités respectives de carbone et d'eau dans chacune d'elle.

D'autres chondrites, quoique peu nombreuses, contiennent beaucoup plus de métal que les autres. Elles sont constituées en grande partie de pyroxène et de plagioclase et se caractérisent par du pyroxène contenant exclusivement du magnésium. On les appelle les chondrites à enstatite (groupe E).

Les **achondrites** (sans chondres) sont subdivisées en plusieurs groupes suivant leur teneur en calcium et leur degré de métamorphisation par la chaleur. Elles présentent, par leur texture et leur composition minéralogique, une grande analogie à certains basaltes terrestres. C'est dans cette catégorie qu'on retrouve des achondrites très particulières et rares dont l'origine serait la planète Mars ou la Lune.

Les **météorites métalliques** représentent environ 16 % de toutes les météorites et sont essentiellement composées de fer avec un pourcentage assez faible de nickel (5 à 10 %). La taénite et la kamacite sont les deux principales espèces minérales, la quantité de l'une par rapport à l'autre dépendant des conditions de refroidissement et du pourcentage de nickel présent initialement. Lorsque l'on scie certaines sidérites et que l'on attaque chimiquement la surface polie, il apparaît une sorte de grillage formé de bandes de kamacite bordées par de la taénite : ce sont les figures de Widmanstätten. On utilise la largeur des bandes de kamacite pour classer les météorites métalliques.

Les météorites métalliques présentent entre elles une très grande diversité et leur classement s'est toujours avéré difficile. En plus de leur structure cristalline propre, on répartit les sidérites en douze ou treize groupes distincts (IAB, IIAB, IIICD, IVB,..) selon l'abondance des éléments traces tels l'iridium, le germanium ou le gallium par rapport à celle du nickel. Il est à noter que la densité moyenne de ces météorites est proche de 8 g/cm<sup>3</sup>.

Les **météorites mixtes** sont de loin les plus rares et, comme leur nom l'indique, elles sont un mélange des deux catégories précédentes. Elles ne représentent que 2 % de toutes les météorites trouvées sur Terre et contiennent autant de métal que de silicates. Le groupe le plus spectaculaire de cette catégorie est sans contredit celui des pallasites.

Ces météorites contiennent des cristaux arrondis d'olivine ambrée, allant du millimètre au centimètre, dans une matrice de ferronickel. Sciées et polies, ce sont sans doute les météorites les plus jolies.

Rappelons pour terminer que les chondres, pour les météorites pierreuses, et les figures de Widmanstätten, pour les météorites métalliques ne se rencontrent que dans les météorites. Ces figures ou structures n'ont jamais été observées dans les roches terrestres.

## L'ORIGINE DES MÉTÉORITES

À certaines périodes de l'année, la Terre croise, dans son mouvement autour du Soleil, la trajectoire d'une comète. Or, une comète, à chaque retour près du Soleil, laisse derrière elle une grande quantité de poussières qui se dispersent avec le temps le long de son orbite. Lorsque la Terre traverse un nuage de poussières de comètes, on assiste alors à une véritable pluie d'étoiles filantes. Une fraction importante des étoiles filantes provient donc des comètes. Ce n'est pas le cas des météorites.

Leur étude en laboratoire, conjuguée aux découvertes récentes de l'astronomie, montre que la très grande majorité des météorites sont des fragments issus de violentes collisions entre astéroïdes, ces chocs se produisant dans la ceinture des astéroïdes, entre l'orbite de Mars et celle de Jupiter.

Le 7 avril 1959, dans les environs de la ville de Pribram en République Tchèque, la chute d'une météorite fut filmée par hasard par plusieurs caméras qui étaient alors pointées vers le ciel à la recherche de satellites artificiels. L'analyse des images a permis de reconstituer l'orbite de la météorite et on remarqua que son voyage dans l'espace avait débuté entre Mars et Jupiter, dans la zone appelée ceinture des astéroïdes. Des installations semblables aux États-Unis et au Canada ont permis de calculer la trajectoire de deux autres météorites, Lost City tombée le 3 janvier 1970 en Oklahoma et Innisfree dont la chute fut observée le 5 février 1977 en Alberta. L'origine des deux météorites, comme pour celle de Pribram, fut localisée dans la ceinture des astéroïdes.

Il existe donc un lien étroit entre l'histoire des météorites et celle des astéroïdes.

## LES MÉTÉORITES DU QUÉBEC

Les météorites qui percutent la Terre ne connaissent pas les frontières. Cependant, en cataloguant les météorites trouvées au sol, les scientifiques les regroupent selon les frontières géographiques. Au Canada, 58 météorites ont été découvertes jusqu'à maintenant.

Les découvertes sont souvent le fruit du hasard, on parle alors de trouvaille. Lorsque le passage de la météorite dans l'atmosphère terrestre a été observé, on parle alors de chute. Quatorze chutes ont été observées au Canada, la

toute dernière ayant eu lieu le 18 janvier 2000 à Tagish Lake en Colombie-Britannique.

Au Québec, cinq météorites ont été découvertes. Le tableau 1 donne les principales caractéristiques de chacune d'entre elles.

La météorite de Chambord fut la première météorite trouvée au Québec. Elle fut découverte en 1904 dans un pâturage près du village de Chambord au Lac Saint-Jean. Elle fut conservée par monsieur J. Obalski, superintendant des mines du Québec, et prêtée pour analyses à la Commission géologique du Canada qui s'en est portée acquéreur par la suite. La surface de cette météorite, d'environ 6,6 kg, a été sérieusement endommagée par les coups répétés de ciseaux et de marteaux effectués dans le but évident de retirer des morceaux de fer.

Une proportion importante de la croûte originale est disparue et fut remplacée par une mince couche de rouille brun-foncé. Des fragments de cette météorite se trouvent dans la collection de la Commission géologique du Canada, à Ottawa et dans celle du Field Museum of Natural History, à Chicago.

La météorite de Penouille a été découverte sur la place de la presqu'île de Penouille en 1984, par un jeune garçon de 11 ans, Christian Couture, alors en vacances en Gaspésie avec sa famille. C'est le magnétisme et la densité de la pierre qui avaient d'abord soulevé l'intérêt du jeune collectionneur. À la suite de la publicité entourant la chute de la météorite de Saint-Robert, la pierre de Penouille fut officiellement identifiée comme météorite. La météorite de 71 g se trouve actuellement dans la collection du Planétarium de Montréal, à Montréal.

La météorite du Lac Dodon a été découverte à l'été 1993 sur une propriété privée en bordure du Lac Dodon, près du village de Saint-Calixte dans la région de Lanaudière. Le propriétaire de l'endroit, monsieur Roland Octernaud, a trouvé sur le sol une météorite métallique de 800 g, dont la surface était légèrement oxydée. La météorite du Lac Dodon se trouve dans la collection de la Commission géologique du Canada à Ottawa.

La météorite de Saint-Robert est la seule et unique météorite du Québec dont la chute a été observée par des milliers de personnes. Vers 20h00 HAE, le 14 juin 1994, un bolide a été aperçu traversant le ciel à grande vitesse. L'onde de choc provoquée par son passage dans l'atmosphère a été entendue à une centaine de kilomètres à la ronde. Quelques minutes seulement après la chute de la météorite, un fragment a été trouvé par Stéphane Forcier sur la ferme familiale, près du village de Saint-Robert en Montérégie. Plusieurs fragments ont été trouvés dans les jours et les semaines qui ont suivi la chute de la météorite. Selon les plus récentes estimations, le météoroïde original devait avoir une masse d'environ 2000 kg et un diamètre de 1 mètre avant de pénétrer dans l'atmosphère terrestre. La chute de la météorite de Saint-Robert a aussi été observée par des satellites en orbite autour de la Terre. Combinées aux observations terrestres, il a donc été possible de calcu-

ler une trajectoire assez précise du météoroïde avant son impact avec la Terre. Des fragments de cette météorite se trouvent dans diverses institutions universitaires et muséales du Québec et du Canada. Le premier fragment trouvé se trouve dans la collection de la Commission géologique du Canada à Ottawa.

La météorite de Chibougamau, dont l'analyse est en cours, a été trouvée, selon les plus récentes informations, en 1992 par un prospecteur américain à environ 30 km au nord-ouest de Chibougamau. Elle est demeurée en sa possession jusqu'en 1995, date à laquelle elle fut acquise par le Swiss Meteorite Laboratory lors du salon sur les météorites et les minéraux qui a lieu chaque année à Tucson en Arizona. Cette météorite métallique de 1450 g se trouve maintenant en grande partie dans la collection du Planétarium de Montréal, à Montréal. Afin de s'assurer de l'unicité de la météorite de Chibougamau et de ne pas répéter l'histoire de la météorite québécoise de Leeds qui fut reconnue récemment comme un fragment de la météorite de Toluca, des analyses supplémentaires sont en cours.

## LES MÉTÉORITES : COLLECTIONS ET LÉGISLATIONS

La collection de météorites n'est pas, et de loin, l'une des plus faciles. Il s'agit d'objets rares, qu'on parle ici de trouvailles ou de chutes de météorites. La classification, l'histoire de la météorite et l'importance de la chute ou de la trouvaille, influencent énormément la valeur de ces pierres extraterrestres.

La recherche de météorites est une activité qui se pratique partout dans le monde mais plus particulièrement là où elles tombent ou sont tombées et dans les régions où elles peuvent se trouver facilement. Les zones désertiques ou semi-désertiques chaudes ou froides, telles l'Australie, le Chili, l'Afrique du Nord et l'Antarctique, représentent d'excellents endroits pour la recherche de météorites. D'ailleurs, en Antarctique, le mouvement des glaciers concentre les météorites dans des zones bien définies. Plus de 15 000 météorites ont ainsi été collectées par les diverses expéditions au cours des vingt dernières années, ce qui a plus que doublé le nombre de météorites répertoriées dans les collections.

Une collection se constitue et s'accroît par achats, collectes sur le terrain (toujours difficiles et imprévisibles), dons de collectionneurs et échanges avec d'autres institutions ou des collectionneurs privés.

Au Québec, plusieurs musées, institutions universitaires et individus possèdent quelques météorites. Le Planétarium de Montréal, avec sa collection de plus de 120 météorites, possède sans aucun doute la plus grande collection au Québec. Malheureusement, plusieurs collectionneurs privés, par méfiance, ne divulguent pas l'inventaire de leur collection et ne permettent pas ainsi un échantillonnage complet de ce patrimoine bien spécial.

Nom de la météorite	Type	Classification	Date de la trouvaille
Chambord	Métallique	Octahédrite moyen- IIIA	1904
Penouille	Métallique	Octahédrite large – IB	1984
Chibougamau	Métallique	Octahédrite large – IAB?	1992
Lac Dodon	Métallique	Octahédrite large – IA	1993
Saint-Robert	Pierreuse	H5	14-juin-94

TABLEAU 1 - Liste chronologique des météorites trouvées au Québec.

Bien qu'à une époque reculée, les météorites trouvées au sol appartenaient au pouvoir en place, religieux ou civil. Aujourd'hui, une certaine jurisprudence semble reconnaître que le propriétaire du terrain où se trouve une météorite, qu'elle soit tombée du ciel ou qu'elle s'y trouve depuis longtemps, est aussi le propriétaire de la pierre. Bien que généralisée dans plusieurs pays, cette jurisprudence crée à l'occasion des situations problématiques : qu'arrive-t-il dans le cas où la météorite est trouvée sur un chemin public? Que dire du chercheur qui trouve toutes les météorites d'une chute multiple sur son petit terrain? On voit que malgré sa facilité d'application, cette jurisprudence est utilisée par certaines personnes pour fausser la réalité.

Au Canada, les météorites comme les fossiles, les minéraux, les objets archéologiques et bien d'autres biens culturels, sont régies par la loi canadienne sur l'exportation et l'importation de biens culturels. Cette loi vise à protéger les objets du patrimoine et en contrôler l'exportation. Des lois semblables existent en Australie et en Europe et permettent ainsi de protéger le patrimoine culturel (et donc des météorites) de chacun des pays concernés.

## RÉFÉRENCES

- AYER, J., 1995 - Tombé du ciel ... Météorites et catastrophes. Muséum d'histoire naturelle de Neuchâtel. Suisse.
- BROWN, P. *et al.*, 1995 - *Meteoritics*, 30, p.492.
- BROWN, P. *et al.*, 1996 - *Meteoritics*, 31, p.502.
- BUCHWALD, V.F., 1975 - *Handbook of Iron Meteorites*, Vol. 1,2 & 3. University of California Press. Berkeley.
- BUREAU, R., 1949 - *Naturaliste Canadien*, 76, p.205-222.
- CARION, A., 1993 - *Les météorites et leurs impacts*. Armand Colin Éditeur. Paris.
- Collectif d'auteurs, 1996 - *Les météorites*. Muséum national d'histoire naturelle et Bordas. Paris.
- FARRINGTON, O.C., 1915 - *Catalogue of the Meteorites of North America, to January 1, 1909*. *Memoirs of the National Academy of Sciences*, Vol XIII. Washington.
- GRAHAM, A.L. - BEVAN, A.W.R. - HUTCHISON, R., 1985 - *Catalogue of meteorites*, 4<sup>th</sup> edition. British Museum (Natural History). Londres et University Press of Arizona. Tucson.
- HEIDE, F. - WLOTZKA, F., 1995 - *Meteorites, Messengers from Space*. Springer-Verlag. Berlin.
- HERD, R.K. *et al.*, 1996 - *Rocks and Minerals*, 71, p.196.
- HILDEBRAND, A.R. *et al.*, 1997 - *JRASC*, 91, p.261.
- KISSIN, S.A. - HERD, R.K., 1995 - *Meteoritics*, 30, p.527-528.
- KISSIN, S.A. - HERD, R.K. - PAGÉ, D., 1997 - *JRASC*, 91, p.211.
- KISSIN, S.A. - PLOTKIN, H. - BORDELEAU, A., 1999 - *JRASC*, 93, p.135-139.
- LA PRESSE, 1994 - Mercredi 15 juin, pA2.
- LA PRESSE, 2000 - Mercredi 19 janvier, pB7.
- MILLMAN, P.M., 1953 - *JRASC*, 47, p.29-33.
- MILLMAN, P.M., 1953 - *JRASC*, 47, p.92-94.
- MILLMAN, P.M., 1953 - *JRASC*, 47, p.162-165
- NORTON, O.R., 1994 - *Rocks from Space : meteorites and meteorite hunters*. Mountain Press Publishing Company. Montana.
- TRAILL, R.J., 1980 - *Catalogue of the National Meteorite Collection of Canada, Revised to December 31, 1979*. Geological Survey of Canada, Paper 80-17. Ottawa.
- WASSON, J.T., 1974 - *Meteorites : Classification and Properties*. Springer-Verlag. New York.
- WHITE, R., 1984 - *Canadian Meteorites*. Provincial Museum of Alberta. Edmonton.



# PARTIE VI

## POUR EN SAVOIR PLUS SUR LES SCIENCES DE LA TERRE ET LE PATRIMOINE GÉOLOGIQUE.

### DES PROJETS À VENIR

THE REDPATH MUSEUM <i>Graham Bell</i> .....	157
LE MUSÉE DE GÉOLOGIE RENÉ-BUREAU DE L'UNIVERSITÉ LAVAL <i>André Lévesque</i> .....	161
COMPTE-RENDU D'UNE ÉTUDE SUR LES PRODUITS TOURISTIQUES DE TYPE ACTIVITÉS SPORTIVES DE PLEINE NATURE BASÉS SUR LA MISE EN VALEUR DU PATRIMOINE GÉOLOGIQUE <i>Philippe Letourneur</i> .....	163
LES GÉOPANORAMAS : UN OUTIL DE SENSIBILISATION AU PATRIMOINE NATUREL ET GÉOLOGIQUE DU QUÉBEC <i>Pascale Côté, Gilbert Prichonnet, Aïcha Achab, Pierre Bédard, Marie Larocque et Yves Michaud</i> .....	169
EXCURSION SUR LA PIERRE DE TAILLE ET ORNEMENTALE DE LA RUE SHERBROOKE OUEST ET DU SQUARE DORCHESTER <i>Robert Ledoux, Henri-Louis Jacob et Dinu Bumbaru</i> .....	171



## THE REDPATH MUSEUM

**Graham Bell**

*Université McGill*

The Redpath Museum is the university museum of McGill University, and is an academic unit within the Faculty of Science. It has a web site at [www.mcgill.ca/redpath](http://www.mcgill.ca/redpath) from which most of this text has been taken.

### MISSION STATEMENT

The Redpath Museum exists to foster the study of the history and diversity of the natural world. Its mandate includes geological, biological and cultural diversity. It conducts conventional academic teaching and research activities on the scale of academic departments of comparable size, and also provides academic services to other units. Its distinctive feature is the preservation and curation of objects, the registration of their existence, and the provision of access to other collections. Through the public display and interpretation of these objects, it both advances undergraduate and graduate education, and serves the wider community on whose continued goodwill the University eventually relies.

### HISTORY OF THE REDPATH MUSEUM

The Museum is one of the most prominent buildings of the University, looking out over the campus from the north-west corner, in front of the Arts Building. The Redpath Museum enjoys the distinction of having been one of the first Canadian buildings singled out for praise in the international architecture literature. Commissioned in 1880 by that notable benefactor of McGill, Peter Redpath, and marking the 25th anniversary of Sir William Dawson's appointment as Principal, the Museum was designed by A.C. Hutchison and A. D. Steele. They conceived an idiosyncratic expression of eclectic Victorian Classicism, synthesizing ancient and modern as well as European and North American sources to dignify the campus and express the significance of its purpose. The Redpath Museum of McGill University commands attention as an unusual and late example of the Greek Revival in North America.

The Redpath Museum, one of the oldest museums in Canada, was opened in 1882 to preserve and display the valuable collections of Sir William Dawson, a noted Canadian natural scientist. Initially it was intended that the museum and its contents should be in the first place for the professors and students of McGill College and University, and secondarily for all the students of Natural Science and for the public. In 1952, the Museum broadened its focus to become effectively a natural history museum for elementary

and high school students. In 1971, however, McGill, under extreme financial pressure, dramatically reduced public access and focused on its scientific research and teaching roles. In 1985-86 the doors of the Redpath Museum were once again opened to the general public.

### THE COLLECTIONS

#### Palaeontology

The paleontology collection consists of approximately 150,000 fossils (vertebrates, invertebrates and plants) including about 1,000 Type and Figured specimens. Copies of the Catalogue of Type and Figured Fossils (Alison, D. and R.L. Carroll, 1972) are available upon request.

#### Invertebrate Fossils

The museum holds the largest collection of Ordovician invertebrates from the St. Lawrence Lowlands (about 30,000 specimens) as well as the Colin Stearn research collection of stromatoporoids (approximately 2000 lots of thin sections and original samples). It also possesses a small collection of Burgess Shale fossils collected by T.H. Clark in British Columbia during a 1924 expedition.

#### Vertebrate Fossils

Significant holdings in the vertebrate collection include: the oldest known fossil terrestrial vertebrates from the Carboniferous of Joggins, Nova Scotia, Pleistocene marine mammals from the Champlain Sea and R.L. Carroll's collection of early vertebrates in the form of "peels" and casts.

#### Plants

Among the fossil plants, the museum holds all the Dawson types including the oldest vascular plants from the Devonian of eastern Canada.

#### Minerals

The Mineral Collection contains approximately 16,000 specimens including material from the turn of the century, an important period of mineral collecting. Specimens from around the world can be found on display. Recent acquisitions to the collection have included phosphates from the Yukon, and minerals from Mont St-Hilaire and the Francon

Quarry in Montreal. At both the last two sites rare minerals have been found, including Weloganite, Dresserite, Donnayite and Hilaireite, which are known from only a very few localities

### Rocks

The Rock Collection consists of some 400-500 specimens.

### Mammals

The mammalian collection of skins and skulls is strong in the small mammals of Québec and eastern Canada and it contains representatives of almost every order of mammals. The mammal collection includes bones of the extinct species *Hydromalis gigas* Steller's Sea Cow (extinct 1768). The collection of older, mounted birds came from the Natural History Society of Montreal when its museum closed in 1926.

### Birds

The Ornithological collection numbers approximately 1500 specimens; it contains representatives of 25 of the 27 orders of birds. The collection possesses specimens of several extinct species, a mount of an immature male Labrador Duck (*Captorhynchus labradorius*), a Carolina Parakeet (*Cornuopsis carolinensis*), isolated bones of the Dodo (*Raphus cucullatus*), and several endangered species, including the Eskimo Curlew (*Nmenilus borealis*).

### Reptiles & Amphibians

The Herpetology Collection is worldwide in scope with emphasis on amphibians from Canada, the Caribbean, and New Zealand. It has an extensive frozen collection of preserved tissues for genetic research.

### Fish

The fish collection consists of both adult (approximately 1100 lots) and larval (approximately 400 lots) forms. The salt water fishes are chiefly from the Caribbean, the Indo-Pacific and the Gulf of St. Lawrence. The fresh water species originate mainly from the Great Lakes and Lake Memphremagog in southeastern Québec. The larval fishes are from Barbados and the Gulf and estuary of the St. Lawrence River.

### Invertebrates

All groups except the chelicerates and insects (held in the Lyman Museum of Macdonald campus) are represented in the invertebrate collection. Over 2,000 lots of sponges are held, mainly from the Caribbean, as well as a complete survey and collection of Québec fresh water sponges. H. Reiswig has assembled the world's largest reference

collection of deep sea "glass" sponges, Hexactinellida. This includes samples from type specimens from the major museums as well as material collected from deep sea submersible expeditions. Among the corals are specimens from all over the world with a strong emphasis on species from the Caribbean, especially near Barbados.

### Shells

There are approximately 30,000 lots of molluscs: the museum holds the Carpenter collection (donated 1867), international in scope), the Mickles-Conde Collection (donated 1948, mainly Caribbean and Florida), a Dawson collection (mainly eastern Canada) and the Levine Collection (donated 1995, worldwide).

### Ethnology

The Ethnology Collections of the Redpath Museum include close to 17,000 archaeological and ethnological artifacts. Their geographic scope is global, with the exception of material relating to Canada's First Nations, now part of the McCord Museum. The Redpath holdings are an important national resource and in many cases represent some of the earliest ethnological materials held by North American museums. Archaeological and ethnological artifacts were part of Sir William Dawson's original collection at the Museum, although subordinate in number and emphasis to the natural history holdings. Additional material came to the Redpath from the Natural History Society of Montreal (1827-1926) and McGill's Ethnological Museum (see Lawson 1994, 1999).

### Africa

Most of the African material is from central Africa (Angola and Congo) and was collected circa 1900. It includes ancestral and spirit figures carved in wood; basketry, beadwork and personal ornaments, blacksmithing tools, carved stools and chairs, ceremonial staffs, masks, musical instruments, pottery and household artifacts, shields and weapons, textiles (approximately 2500 objects).

### Ancient Egypt

The collection is the second largest in Canada, after that of the Royal Ontario Museum. It includes ceremonial and religious items including polychrome sculpture, hieroglyphic texts, amulets, ornaments, bronze figures, 3 human and several animal mummies, stone vessels; Predynastic and Dynastic pottery (approximately 2000 objects).

### Classical Mediterranean

A collection of approximately 2300 Greek and Roman coins, lamps, ancient and classical finger-rings and gems,

all of which have been published. There is also metalwork (especially lead figurines), pottery, and glass (approximately 1200 objects).

### **Oceania**

There are approximately 800 objects from Oceania. Among these are some of the earliest donations of ethnological material to the Redpath Museum, many of them acquired between 1800 and 1900. These include basketry, barkcloth (tapa), ceremonial objects, ornaments, and weapons. The regions represented are Australia (35 objects), Fiji (50 objects), New Zealand (40 objects), Papua New Guinea (50 objects), Samoa (50 objects), Solomon Islands (150 objects) and Vanuatu (150 objects).

### **Paleolithic Europe & the Near East**

There are approximately 3000 artifacts in this collection which includes material from the excavations of the British

School of Archaeology in Jerusalem (Shubka Cave, Judea) and also material acquired by Henry Ami from excavations of the Canadian School of Prehistory in France, especially Combe Capelle.

### **South America**

A collection of basketry, beadwork, ceremonial objects, gourds, Pre-Conquest pottery, textiles and weapons (approximately 600 objects), including over 160 objects from the Gran Chaco region of Argentina, Bolivia, and Paraguay.

### **Sri Lanka**

Medicine containers and implements used by Sinhalese medical practitioners in 15th century Ceylon (approximately 350 objects).



## LE MUSÉE DE GÉOLOGIE RENÉ-BUREAU DE L'UNIVERSITÉ LAVAL

**André Lévesque**

*Université Laval*

---

Les origines de ce musée sont très lointaines car c'est en 1816, soit 36 ans avant la fondation de l'Université Laval, que l'on retrouve dans les archives du Séminaire de Québec la mention du Musée de géologie. Nos collections conservent la trace de cette époque et contiennent donc des centaines de spécimens de localités classiques européennes, maintenant inaccessibles, ainsi que la plus ancienne collection de minéraux au Canada : la **collection René Just-Haüy**. Ce musée universitaire a principalement pour but d'être un support à l'enseignement et à la recherche universitaire en plus de conserver et de rendre disponibles plusieurs collections provenant de recherches faites par des professeurs de l'université. Les 35 présentoirs muraux actuels réalisés en 1963 nous permettent d'accueillir de nombreux groupes scolaires ainsi qu'un public averti.

Les collections du musée sont représentatives du patrimoine minéralogique mondial tout en consacrant un large volet à celui du Québec. Dans le contexte des ressources monétaires limitées actuelles ne nous permettant pas l'organisation d'un important programme de fouilles sur le terrain et d'achats, nos acquisitions se font surtout par voie d'échanges et de dons. Dans ce contexte, des relations étroites sont établies, dans le respect bien sûr de règles strictes, avec plusieurs membres des clubs de minéralogie québécois en tant que sources d'approvisionnement de spécimens uniques.

Notre appartenance à une grande université a bien sûr des avantages mais aussi de nombreux inconvénients. Au rang des avantages, il y a bien sûr toutes les ressources humaines environnantes techniques ou administratives qui, tout en n'étant pas affectées en permanence au musée, peuvent être d'un apport important. L'appartenance à une grande université ayant une longue histoire est aussi un

incitatif auprès des collectionneurs pour nous confier leur collection au bénéfice des générations futures. Toutefois, dans une université constituée de milliers d'étudiants, d'une vingtaine de facultés et de centaines de programmes différents, le **Musée de géologie René-Bureau**, malgré qu'il soit très important au Québec dans son domaine (40 000 spécimens au total), n'est pas la première priorité de l'institution.

En fait, comme dans beaucoup de musées, la création et le fonctionnement ne sont maintenus que par quelques personnes passionnées comme Monsieur René Bureau qui assura la permanence du musée pendant 39 ans jusqu'en 1979. Il fut aussi l'un des principaux promoteurs de la création du Musée paléontologique de Miguasha, en Gaspésie.

Le rôle du Musée de géologie René-Bureau dans la conservation et la promotion du patrimoine minéralogique a été secondé pendant quelques années à l'Université Laval par l'ouverture du Centre muséographique, un musée scientifique multidisciplinaire unique au Québec où un large volet était consacré à la minéralogie et la géologie. Pour des raisons budgétaires, ce centre est actuellement fermé depuis un an mais le Musée de géologie René-Bureau demeure ouvert et actif.

La fermeture du Centre muséographique, que nous espérons temporaire, met en lumière la fragilité de nos actions et la méconnaissance des autorités décisionnelles, même à l'intérieur des grandes institutions, de la valeur de ce patrimoine naturel. La création d'un nouveau regroupement d'action ayant des entrées dans les ministères concernés permettrait sans doute une concentration de nos actions et une reconnaissance de notre rôle.



# COMPTE-RENDU D'UNE ÉTUDE SUR LES PRODUITS TOURISTIQUES DE TYPE ACTIVITÉS SPORTIVES DE PLEINE NATURE BASÉS SUR LA MISE EN VALEUR DU PATRIMOINE GÉOLOGIQUE

**Philippe Letourneur**

*Prospecteur*

Je travaille depuis de nombreuses années dans le secteur de l'exploration minière au niveau de la prospection. Suite à une rencontre avec le président de l'organisme « Lunehiver », organisme en charge d'un plan de développement écotouristique sur l'Abitibi-Témiscamingue et les territoires de la Baie James, j'ai décidé l'année dernière d'aller compléter en France une formation universitaire axée sur le potentiel du patrimoine géologique en terme de développement touristique.

## CADRE DE L'ÉTUDE

Cette étude a été réalisée dans le cadre de l'obtention du diplôme de licence professionnelle de promoteur du patrimoine territorial dispensée par l'université Joseph Fournier de Grenoble.

Pour l'obtention de leur diplôme, les étudiants doivent, en sus de leurs examens, présenter un rapport documenté sur l'ensemble des aspects couvrant le développement d'un projet. Mon projet consistait à mesurer le potentiel de développement de produits touristiques de type activités sportives de pleine nature (ou écotourisme, tourisme d'aventure) basés sur la mise en valeur du patrimoine géologique. Les régions ciblées sont le site de l'astroblème de Manicouagan et la région d'Abitibi-Témiscamingue.

L'étude a été réalisée lors d'un séjour dans les départements de la Drôme et de l'Ardèche, territoires à vocation agricole, peu industrialisés mais qui depuis une trentaine d'années ont développé un important secteur touristique dans l'axe de ce qu'on appelle en France le tourisme vert (en opposition au tourisme de masse axé sur les plages ou les stations de ski). L'Ardèche est le deuxième département français en ce qui a trait au nombre de visiteurs pour ce type de tourisme. Ces deux départements ont un potentiel géologique riche et diversifié. On trouve en Ardèche une grande diversité de paysages géologiques, socle cristallin au nord du département, grès, calcaires au sud avec la présence d'un grand massif volcanique. La Drôme est caractérisée par la présence de très grands massifs calcaires extrêmement riches en fossiles. Ce sont aussi des départements qui géomorphologiquement se prêtent au développement des activités sportives de pleine nature.

La richesse du patrimoine géologique, la multiplicité des activités sportives de pleine nature me garantissaient la présence dans cette région de tout un ensemble d'interven-

nants qui pourraient me faire bénéficier de plus de trente ans d'expérience dans le domaine du développement d'activités touristiques liées à la mise en valeur du patrimoine géologique.

J'ai reçu, pour la réalisation de cette étude, une aide précieuse de M. Georges Naud conservateur du musée de la Terre de Privas.

## BUTS ET OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

Le but de cette étude était d'évaluer, à partir de l'expérience française dans cette région Drôme-Ardèche, les potentiels de développement de ce type de produits dans le contexte des deux régions québécoises ciblées.

Elle s'est décomposée en trois phases distinctes :

- Étudier auprès des acteurs régionaux l'ensemble des particularités de la problématique soumise : Le patrimoine géologique comme vecteur de développement touristique. (critères d'évaluation d'un potentiel, type de clientèles, de produits pouvant être développés)

- Étudier auprès du public à la fois leurs représentations et attentes vis à vis de la destination Québec, et tester l'attractivité de certains thèmes géologiques et historiques liés aux deux régions ciblées.

- Appliquer les résultats obtenus à la problématique de ces régions.

## MÉTHODE

Deux méthodes ont été retenues pour atteindre les objectifs précités : les entrevues et l'enquête.

### Les entrevues

Celles-ci, semi-dirigées, consistaient à discuter avec un acteur régional du thème proposé. Quelles sont ses expériences, quelles sont ses réflexions?

La liste de ces acteurs a été tirée d'une étude régionale consacrée aux différents intervenants concernés directement par la vulgarisation des sciences de la Terre.

Différents répondants sont représentés : directeurs de musées, représentants d'organismes para-publics en charge de promouvoir les sciences de la Terre, directeurs de parc naturels régionaux, représentants d'associations concernées par les sciences de la Terre et pratiquant la vulgarisation sur le terrain, organisations de guides professionnels,

porteurs de projets, organisateurs d'événements liés aux sciences de la Terre.

### L'enquête

J'ai réalisé plus d'une quarantaine d'entrevues. Tous les gens interrogés possédaient au moins un an d'université et les trois quarts étaient des jeunes dont l'âge s'échelonnait de 23 à 28 ans. La clientèle très insuffisamment représentée est la clientèle de plus de cinquante ans, qui représente une part très importante du marché potentiel. Les dates de mon séjour ne correspondaient pas malheureusement à celle de la venue de cette catégorie de clientèle en région.

Je me limiterai dans mes commentaires à exprimer les tendances qui apparaîtront clairement affirmées à travers des réponses répétitives.

L'entrevue se réalisait en deux parties.

Dans la première partie j'interrogeais les gens sur les destinations Canada, Québec : leurs représentations<sup>1</sup> par rapport à ces destinations, leurs attentes, l'attractivité que ces destinations exercent sur eux, le type d'activités et de voyages qu'ils privilégient, leur mode d'organisation de voyage.

Dans la deuxième partie, je leur soumettais un choix de six circuits touristiques d'activités pleine nature situés au Québec, circuits diversifiés quant à la localisation et aux activités proposées (les informations sur les thèmes historiques étaient fournies à travers deux textes correspondant à de courts articles de presse). Je leur demandais ensuite de sélectionner rapidement leurs deux premiers choix parmi les produits proposés. Ne soumettant aucun prix correspondant ou description détaillée des produits, j'essayais donc de vérifier la valeur d'attractivité des thèmes proposés.

### RÉSULTATS DE L'ÉTUDE

Les réflexions suivantes sont ressorties des entrevues et permettent, à travers les différents témoignages, d'entamer une réflexion sur la vulgarisation du patrimoine géologique.

La géologie est une science relativement austère et il n'est pas aisé d'y intéresser le grand public. Un certain niveau de connaissance minimum, rarement atteinte par celui-ci, est absolument nécessaire pour s'approprier cette science et en faire un mode de lecture de l'environnement. En ce sens, le patrimoine géologique semble se différencier des autres patrimoines historiques et culturels. C'est en effet un univers qui, aux yeux du grand public, peut apparaître comme immuable, éternel à l'échelle humaine. Le sentiment d'un héritage en danger, d'un élément du passé à faire vivre au présent, ce sentiment inhérent à la notion de patrimoine n'y apparaît pas de manière évidente. On remarque du reste que l'intérêt du public ne semble

naître qu'à partir du moment où ce monde immuable semble soudain s'animer (le feu des volcans, les tremblements de terre, la paléontologie, l'archéologie, les geysers). Il exerce alors une sorte de fascination auprès du public.

Cet avis est partagé par tous les intervenants et il est confirmé aussi bien par la faible fréquentation des musées consacrés à la géologie, que par la difficulté rencontrée par les guides à vendre des randonnées dont le thème est exclusivement consacré à la géologie.

On observe aussi que ce qui a trait à l'histoire de la recherche et de l'exploitation minérale, soit le volet appliqué de la géologie, exerce un fort pouvoir d'attraction. Que ce soit par l'aspect aventureux de cette quête, que ce soit par la fascination exercée par l'or et ses mythes, que ce soit par l'aspect historique qui lie étroitement depuis la préhistoire cette recherche minérale à la naissance et au développement de nos civilisations, il semble que l'extraordinaire aventure qui lie certains hommes au patrimoine géologique offre une multitude de thèmes, de facettes variées et passionnantes susceptibles d'intéresser le grand public et de répondre à de nombreuses questions qu'il se pose.

### LES DIFFÉRENTS TYPES DE CLIENTÈLES ET LES PRODUITS AFFÉRENTS

La gamme des clientèles concernées par les produits que nous étudions s'étend du monde scientifique au grand public. Elle pourrait se diviser en trois catégories principales qui répondront à des offres de produits différents répondant à des critères particuliers.

#### La clientèle scientifique

En France, un certain nombre de sites géologiques sont visités par des publics scolaires et universitaires. Ces sites sont équipés pour répondre aux demandes pédagogiques de ces clientèles. Cette clientèle est très importante du fait, en France, de la proximité des grands centres. Pour le Québec c'est la clientèle universitaire de l'Est nord américain qui serait à considérer.

#### Les clientèles associatives

Il existe de nombreuses associations concernées par les sciences de la Terre (géologie, minéralogie, paléontologie) et qui se réunissent régulièrement pour organiser des visites sur le terrain. Certaines de ces associations organisent régulièrement pour leurs adhérents des voyages à l'étranger ciblés autour de leur centre d'intérêt. Elles constituent un marché important. J'ai pris contact avec l'une d'entre elles qui compte 10 000 adhérents.

<sup>1</sup> - J'entends par représentations, les images mentales liées à la perception d'un territoire, d'une destination. Dans le domaine touristique, il est essentiel de connaître les représentations du public ciblé par rapport au territoire à mettre en valeur. Ces représentations expriment en effet les attentes du public par rapport à la destination proposée; elles permettent aussi d'évaluer l'attractivité de la destination.

## Le grand public

Selon l'ensemble des intervenants consultés, il n'est pas simple d'intéresser le grand public à la géologie, mais il faut bien différencier deux niveaux de produits. S'il s'agit d'un produit axé sur une activité sportive de pleine nature quelle qu'elle soit (randonnée pédestre, descente de rivière, VTT, etc...) la clientèle désire que le guide puisse les documenter sur l'ensemble des aspects des paysages parcourus et cela inclut, bien sûr, la géologie. On dit en France que le client veut « zapper » c'est-à-dire découvrir un peu d'histoire, un peu de biologie, un peu de géologie, etc... Il est donc indispensable que tout guide puisse dispenser de l'information sur l'aspect géologique dans un circuit de découverte et d'activité plein air.

Le problème naît lorsque le thème principal de l'activité est la géologie. Comme il a déjà été dit, dans ce cas, seuls deux axes semblent pouvoir retenir l'attention du grand public, l'aspect spectaculaire lié à certains événements géologiques (volcans, les geysers, les impacts de météorites) où le patrimoine géologique humanisé à travers la recherche minérale et particulièrement la prospection et ses personnages (ou intervenants). On parle alors d'une certaine fascination exercée par ces thèmes.

## Critères de produits

Pour les clientèles scientifiques (universitaires ou associatives) un des premiers critères exigés est que le site puisse être considéré comme un site géologique remarquable, bien localisé et facilement accessible sur le terrain. Comme pour tout produit touristique, son attractivité au niveau du public visé dépendra de sa valeur scientifique, et de sa réputation à l'échelle mondiale.

Le deuxième critère essentiel est bien évidemment que l'aménagement du site réponde aux exigences particulières de cette clientèle : centres d'interprétation de haut niveau, chemins d'accès et d'observation sur le site bien organisés, présentation documentée faite par un spécialiste apte à répondre aux questions de cette clientèle spécialisée.

Pour la clientèle associative qui se déplace dans le cadre de ses vacances, l'aspect récréatif est le deuxième élément d'intérêt. Des activités sportives de pleine nature doivent pouvoir être proposées comme moyens de découverte du site.

Pour le grand public, l'aspect récréatif des activités est l'élément le plus important (les activités proposées) mais le thème géologique reste l'élément qui les a amenés à choisir cette destination et il doit donc être clairement illustré lors de la visite (centre d'interprétation pour illustrer le thème du site et permettre une première approche globale, itinéraires de vulgarisation sur le terrain).

## RÉSULTATS DE L'ENQUÊTE

### Les représentations du public

Elles restent toujours identiques : elles évoquent les grands espaces, la nordicité, la forêt, une terre d'aventure, une forte association entre espace et liberté. Dans l'ordre des priorités au niveau des destinations de voyage, quand le Québec n'est pas, chez la personne interrogée, la destination prioritaire, elle se situe au moins en deuxième place. La réputation de gentillesse, de chaleur décontractée du peuple québécois représente un élément de très forte attractivité au niveau du public français. Cette représentation très positive est encore renforcée par celle d'un espace nord-américain francophone à découvrir. Une destination attractive et rassurante.

### L'attrait des produits liés aux thèmes historiques

Les deux premiers circuits choisis par le public l'ont été avec une forte majorité :

1) Un voyage dans l'espace et dans le temps : circuit qui s'appuie sur le thème des prospecteurs;

2) Un cocktail d'aventures sur la zone du réservoir Manicouagan.

On retrouve dans ce choix la majorité des représentations déjà citées : le Nord, l'immensité de l'espace naturel vierge, l'espace d'aventure. Le choix prioritaire sur le circuit des prospecteurs s'explique par la concentration des représentations sur ce même thème : l'immensité de l'espace vierge, le canot et le mode de vie qui paraît surgir du passé.

Le succès du circuit « cocktail d'aventures à Manicouagan » semble venir de l'attrait lié au site géologique exceptionnel, à la concentration des représentations (nordicité, espace naturel vierge) auquel s'ajoute la possibilité de tenter toute une diversité d'activités sportives de pleine nature dans un cadre exceptionnel.

L'absence du public de plus de 55 ans (retraités actifs) explique sans doute le choix plus restreint vers un produit tel que celui de la découverte de l'histoire de la colonisation en Abitibi-Témiscamingue, les jeunes publics étant naturellement plus attirés vers les activités de pleine nature.

## ORIENTATIONS RETENUES

### Mise en valeur touristique d'un patrimoine géologique

Les intervenants interrogés ont tous exprimé un ensemble de critères pouvant déterminer la valeur potentielle d'un site géologique : c'est un site géologiquement remarquable, connu sur le plan mondial par les publics scientifiques

et associatifs, illustrant un des thèmes tels que les volcans, les activités géothermiques, les impacts de météorites, la recherche minérale, possédant le potentiel géomorphologique permettant le développement des activités sportives de pleine nature. Dans le cas du Canada, c'est un site correspondant aux représentations du public (nordicité, forêt boréale, grands espaces naturels vierges) qui verra son attractivité renforcée.

### Thèmes historiques

Nous avons en Abitibi-Témiscamingue deux thèmes appartenant à l'héritage historique régional : l'histoire de la colonisation et l'histoire de la prospection minière.

Il est très clair que ces deux thèmes évoquent les représentations traditionnelles du public français et représentent donc sans aucun doute un remarquable potentiel touristique à mettre en valeur. Ils ont aussi la particularité de faire surgir au présent (ou pour le moins dans un très proche passé) des personnages qui dans l'imaginaire européen font partie d'une lointaine époque révolue, et de ce fait constituent un héritage tout à fait unique au Québec.

À partir de ces orientations, les caractéristiques particulières des deux sites à l'étude seront analysées.

### VOLET « MANICOUAGAN »

J'aimerais citer le directeur d'un des parcs nationaux les plus importants de France, alors que je lui demandais s'il serait intéressé à participer à un voyage exploratoire sur le site de Manicouagan. Il m'a regardé en souriant et m'a répondu ceci : « Je pense que vous plaisantez. Vous me proposez d'aller visiter ce qui représente sans doute un des dix sites géologiques parmi les plus connus au monde et vous me demandez si cela m'intéresse. Cher monsieur, ce serait un rêve pour moi. »

Il est vrai que le site possède un certain nombre de caractéristiques qui frappent l'imagination. Avec un cratère de 70 kilomètres de diamètre, un réservoir de retenue des eaux qui dessine une circonférence presque parfaite de 200 kilomètres, cet astroblème se situe parmi les géants. Dans la plupart des pays du monde, un tel site de 215 millions d'années aurait depuis longtemps disparu sous les effets de la sédimentation. Ce qui rend tout à fait exceptionnel ce site, c'est qu'il apparaît aujourd'hui encore, pour le public, comme l'image parfaite d'un cratère d'impact. Ceci explique que sur tous les sites internet consacrés à ces phénomènes, le site de Manicouagan apparaît toujours en très bonne place. Tellement impressionnant, tellement visible que, dit-on, on pourrait l'apercevoir depuis la lune.

De plus en plus de médias de vulgarisation scientifique traitent de l'histoire du développement de la vie sur la Terre et des événements catastrophiques ayant provoqué des pics d'extinction parmi les espèces vivantes. L'impact, qui s'est produit il y a 214 millions d'années, pourrait avoir été responsable d'une extinction massive comparable à

celle qui s'est produite à la fin de la période géologique du Crétacé.

Ces phénomènes spectaculaires exercent une véritable fascination sur un vaste public. Le site de Manicouagan est régulièrement cité dans tous les médias qui traitent de ce sujet. C'est véritablement un des sites d'impact les plus connus au monde.

Par ailleurs, le site et ses environs présentent un ensemble de particularités géomorphologiques exceptionnelles adaptées à la création d'une multitude d'activités sportives de pleine nature.

La route d'accès est spectaculaire. Lorsque l'on quitte Baie Comeau pour le réservoir, cette route monte régulièrement dans le grand massif montagneux du centre du Québec. Elle réserve au visiteur de splendides et spectaculaires paysages. Elle permet aussi d'offrir la possibilité d'une visite au barrage de Manic 5.

La présence des Monts Groulx enrichit encore le site comme le soutient Messier (2001) : « Dans l'arrière pays de la Côte Nord du Québec, à la naissance du Grand Nord, se trouve un massif montagneux de 5 000 km<sup>2</sup> où la présence humaine n'a été de tout temps que très passagère... Il y a trois étages de végétation distincts qui se succèdent dans les Monts Groulx en raison du climat et de l'altitude... Gravier les Monts Groulx, c'est comme prendre une marche entre le fleuve Saint-Laurent et Kuujuaq, dans le Grand Nord, mais en quelques heures... Dans ce cadre unique il s'y pratique le camping d'hiver neuf mois par années, le ski de fond, la raquette et le traîneau à chien... Seulement une poignée d'adeptes parcourent le massif chaque année, pourtant véritable paradis pour le tourisme d'aventure ».

S'y trouvent également, le réservoir avec en son centre l'île René-Levasseur et dans la partie nord de grandes rivières qui s'y déversent. Cet énorme plan d'eau de 200 kilomètres de circonférence, ces splendides fjords constitués par l'embouchure des rivières comme la Mouchalagan se prêtent idéalement, hiver comme été, à une multitude d'activités sportives de pleine nature. L'île est montagneuse et, même si en son centre le Mont Mabel est une réserve géologique non accessible, elle offre la possibilité de développer une infinité de circuits de découverte de l'environnement naturel nordique et de la géologie sur une zone d'impact.

Les résultats des entrevues réalisées nous indiquent un ensemble de critères permettant d'évaluer le potentiel d'un site géologique en terme de développement touristique. Site géologiquement remarquable, connu sur le plan mondial du public spécialisé, illustrant un thème attractif au niveau du grand public, possédant le potentiel géomorphologique permettant le développement des activités sportives de pleine nature, correspondant aux représentations du public français vis à vis de la destination Québec, on ne peut que constater que le site de Manicouagan dispose d'un extraordinaire potentiel de développement.

## VOLET ABITIBI-TÉMISCAMINGUE ET TERRITOIRE DE LA BAIE JAMES

Dans les territoires de la baie James et les régions d'Abitibi-Témiscamingue, au cours des prochaines années, va être mis en place un vaste plan de développement touristique intégré, orienté sur des produits d'écotourisme et visant les marchés nationaux et internationaux. C'est l'entreprise « Lunehiver » qui est en charge de ce plan de développement. L'objectif déclaré est de faire de ces territoires, dans les dix prochaines années, une zone phare pour le tourisme nordique d'activités sportives de pleine nature. La question que soulève cette étude est de savoir si un tel plan peut occulter le patrimoine géologique dans ses aspects géologique et historique (histoire de la prospection minière) où, au contraire, si ceux-ci peuvent constituer des vecteurs de développement touristique dynamiques sur lesquels peut s'appuyer un développement de cette importance.

Nous avons vu dans l'étude qu'un des moyens permettant d'intéresser le grand public au patrimoine géologique est d'intégrer dans cet univers minéral l'histoire des hommes qui, de tout temps, ont recherché le minéral. Les premières traces de cette histoire remontent à plus de 10 000 ans avant notre ère, au Néolithique. La recherche minière a toujours étroitement orchestré le développement de nos civilisations. Depuis toujours, amenant au développement des outils et des armes, elle fut au cœur de la lutte pour la richesse et le pouvoir. L'Abitibi-Témiscamingue, avec une centaine d'années de prospection et de développement minier est un des maillons d'une extraordinaire aventure qui dure depuis plus de douze mille ans.

On dit que le tourisme, dans son essence, se résume à une chose : raconter et faire vivre une histoire. Nous disposons là de la plus passionnante des histoires et qui, selon l'avis des gens consultés, fascine le public et permet de l'intéresser au patrimoine géologique. L'Abitibi-Témiscamingue immense et superbe théâtre naturel ou cette histoire continue à se dérouler n'est-elle pas l'endroit privilégié où doit se raconter et se faire vivre cette histoire? C'est là et nulle part ailleurs que doit se développer un centre d'interprétation sur l'histoire de la prospection minière, centre ou pourrait s'illustrer une multitude de thèmes reliés à cette aventure passionnante.

Je pense qu'à travers ces deux héritages historiques (l'histoire de la colonisation et l'histoire de la prospection) l'Abitibi-Témiscamingue possède au Québec un patrimoine historique unique capable de favoriser son développement touristique.

Si les sites géologiques situés sur les territoires concernés par ce projet n'ont pas la popularité internationale de Manicouagan, ils en est pourtant certains qui sont des sites géologiques remarquables et parfois absolument uniques. Il serait donc impensable que des activités d'écotourisme se pratiquent sur ces sites sans que les guides opérateurs ne puissent offrir à leur client des informations de base sur l'aspect géologique du site. Il y a donc là aussi une inter-

pellation du patrimoine géologique pour les concepteurs de ce projet de développement. L'intérêt géologique s'ajoutant à l'intérêt de ces grands espaces nordiques permettrait certainement, en plus du grand public, d'intéresser fortement la clientèle très importante, que constituent les membres de toutes ces associations reliés à la découverte des sciences de la Terre.

Il y a dans les territoires de la Baie James et la région d'Abitibi-Témiscamingue une véritable vocation liée au patrimoine géologique. Que ce soit dans l'histoire de la prospection et du développement minier, que ce soit par la mise en valeur des multiples sites géologiquement remarquables dispersés à travers ces territoires, tout montre qu'une action de développement touristique trouvera dans cette vocation des éléments majeurs pour la création de produits et pour leur promotion.

L'entreprise « Lunehiver », qui s'affirme comme un acteur majeur dans le développement touristique de ces territoires, est consciente du potentiel que représente le patrimoine géologique. Grâce à son action, un nouveau flux touristique national et international devrait transiter par la région d'Abitibi-Témiscamingue. Si les milieux culturels adhèrent à ce thème et s'en inspirent, si les entreprises locales les appuient, il y aura là une véritable opportunité de création de produits touristiques variés, capables de répondre aux attentes de ces nouveaux visiteurs. La région peut devenir une destination très recherchée.

## CONCLUSION

L'exemple européen montre, de façon évidente, que le patrimoine géologique peut constituer un important facteur de développement touristique, particulièrement en ce qui a trait au tourisme vert ou écotourisme. Il peut devenir alors, et surtout pour des régions excentrées, un facteur important de création d'emplois, et de retombées économiques.

Par contre, si les entreprises touristiques peuvent investir dans la conception, la fabrication et la commercialisation des produits touristiques, elles ne peuvent prendre en charge la mise en valeur des sites (aménagement des sites, centres d'interprétation). La mise en valeur de ce patrimoine nécessite l'implication de trois acteurs essentiels : les entreprises qui, à travers leurs produits, vont amener le développement touristique et ses retombées économiques, le milieu scientifique concerné, seul capable de concevoir et de réaliser les outils de mise en valeur, et l'État, via les différents organismes en charge du développement régional, capable de financer la réalisation de ces outils. C'est la présence de ces trois acteurs qui a permis à la France de développer sur l'ensemble de son territoire et particulièrement sur des zones économiquement défavorisées cet extraordinaire réseau du tourisme vert. Cette forme de tourisme, essentiellement appuyé sur les richesses des patrimoines naturels et historiques, lui a permis d'offrir une nouvelle alternative au tourisme de masse (bords de

mer et pentes de ski) et de rester ainsi le pays le plus visité au monde.

Dans le cas des zones ciblées par l'étude, nous possédons maintenant ces acteurs indispensables :

- Une entreprise qui détient toute l'expertise requise pour contrôler l'ensemble du processus de développement sur une région, de la conception des produits à leur mise en marché;

- La conférence permanente sur le patrimoine géologique, un organisme qui par sa notoriété et sa crédibilité scientifique peut garantir que la mise en valeur des sites répondra à

toutes les normes de qualité exigibles pour des sites de cette importance géologique.

À une époque où la question du développement économique des régions éloignées est une préoccupation pour toutes les instances gouvernementales en charge du développement territorial, il me semble probable que si ces acteurs des secteurs scientifiques et touristiques unissent leur voix et leurs efforts, ils trouveront, sans aucun doute, aux niveaux des instances gouvernementales, des interlocuteurs très intéressés.

## LES GÉOPANORAMAS : UN OUTIL DE SENSIBILISATION AU PATRIMOINE NATUREL ET GÉOLOGIQUE DU QUÉBEC

Pascale Côté<sup>1</sup>, Gilbert Prichonnet<sup>2</sup>, Aïcha Achab<sup>3</sup>, Pierre Bédard<sup>2</sup>, Marie Larocque<sup>2</sup> et Yves Michaud<sup>1</sup>

1- Commission géologique du Canada

2- Université du Québec à Montréal

3- Institut national de la recherche scientifique, Eau-Terre-Environnement

« Géopanorama de Québec » et « Géopanorama de Montréal » sont des affiches couleur recto verso de grand format conçues pour supporter l'enseignement des sciences de la Terre et pour éveiller l'intérêt scientifique des jeunes d'âge scolaire et du grand public. Les Géopanoramas (figure 1) explorent le patrimoine naturel et exploitent les sites historiques et géotouristiques de Québec, ville du patrimoine mondial, et de Montréal, métropole du Québec.

Le concept des Géopanoramas a émergé d'une concertation soutenue entre scientifiques et professeurs. Une attention particulière a donc été apportée pour que le produit soit arrimé aux programmes pédagogiques du primaire et du secondaire et qu'il trouve place dans l'approche intégrée des sciences du nouveau programme.

L'approche des Géopanoramas consiste à utiliser des éléments du paysage, présents dans l'environnement quotidien des jeunes et du public, pour introduire des notions de sciences de la Terre et pour expliquer les processus géologiques qui ont façonné ces paysages. Ils veulent aussi montrer l'influence de l'évolution géologique globale, régionale et locale sur l'histoire et le développement social, culturel et économique du Québec.

Les thèmes géologiques présentés proviennent de l'environnement naturel immédiat et sont abordés dans une perspective multidisciplinaire. Ils ont été choisis pour essayer de répondre à des questions d'ordre général comme : qui était William Logan? Comment se sont formées les Appalaches? Quel climat existait-il au cours des différentes périodes géologiques? À quoi ressemblaient les paysages au cours des âges géologiques? Pourquoi ne trouve-t-on pas de fossiles de dinosaures au Québec? Ou encore à des questions à caractère plus régional : pourquoi le fleuve Saint-Laurent est-il là où il est? Avec quelles pierres les édifices historiques de Québec et de Montréal ont-ils été construits? Pourquoi y a-t-il une Haute-Ville et une Basse-Ville à Québec? Comment le mont Royal s'est-il formé? Quels sont les risques naturels que l'histoire géologique nous a laissés en héritage?

Le concept des Géopanoramas de Québec et Montréal se veut pratique et versatile. Le recto des affiches présente des éléments visuels et textuels accrocheurs visant à attirer l'attention du grand public et des jeunes élèves et susciter des questions sur la nature et l'origine des processus géologiques. Il s'agit généralement d'éléments caractéristiques

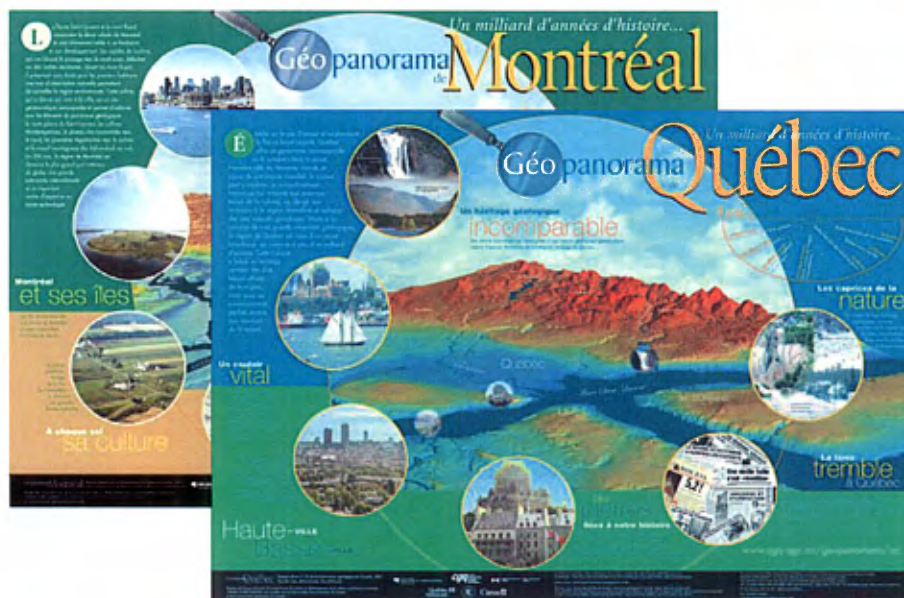


FIGURE 1 - Aperçu des Géopanoramas de Québec et de Montréal.

de l'environnement naturel ou encore de sites géotouristiques régionaux bien connus. Le **verso** fournit des informations plus détaillées sur ces éléments, il vise à accroître le niveau de connaissance scientifique des lecteurs et à susciter leur intérêt. Les concepts géologiques sont ainsi expliqués à l'aide d'exemples concrets et d'analogies avec des phénomènes actuels pour faciliter la compréhension. Les explications sont de plus supportées par des photos, des croquis et des cartes simplifiées.

Enfin, les géopanoramas sont également accessibles sur le **web**. Le site [www.cgq-qgc.ca/tous-geopanoramas.html](http://www.cgq-qgc.ca/tous-geopanoramas.html) offre de l'information additionnelle pour supporter les projets de recherche et aider les enseignants à préparer des projets d'équipe, des recherches ou des sorties sur le terrain. Des animations permettent de faire ressortir la dynamique des processus. La version web des Géopanoramas offre aussi une liste de liens utiles en sciences de la Terre.

Les Géopanoramas de Québec et Montréal ont été réalisés par le Centre géoscientifique de Québec, un partenariat entre Ressources naturelles Canada et l'Institut national de

la recherche scientifique. Le département des Sciences de la Terre et de l'Atmosphère de l'UQAM a collaboré à la production du *Géopanorama de Montréal*. L'expertise du Ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs du Québec a été mise à profit dans le développement du concept. Le programme de soutien au développement de la culture scientifique et technique « ÉTALEZ VOTRE SCIENCE » du ministère de la Culture et des Communications du Québec et la Commission géologique du Canada ont fourni les appuis financiers nécessaires à la réalisation du projet.

#### RÉFÉRENCES :

CÔTÉ, P. - ACHAB, A. - MICHAUD, Y., 2001 - Géopanorama de Québec. Rapport divers 76, Commission géologique du Canada

PRICHONNET, G. - CÔTÉ, P. - BÉDARD, P. - LAROCQUE, M. - ACHAB, A., 2001 - Géopanorama de Montréal, Rapport divers 80, Commission géologique du Canada

Géopanorama du Canada, [www.geoscape.org](http://www.geoscape.org)

## EXCURSION SUR LA PIERRE DE TAILLE ET ORNEMENTALE DE LA RUE SHERBROOKE OUEST ET DU SQUARE DORCHESTER

Robert Ledoux<sup>1</sup>, Henri-Louis Jacob<sup>2</sup> et Dinu Bumbaru<sup>3</sup>

1- Professeur retraité, Université Laval

2- Ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs

3- Héritage Montréal

Les participants au premier colloque du Patrimoine géologique du Québec étaient invités à se joindre à une excursion dans les rues de Montréal. Celle-ci avait pour thème l'utilisation de la pierre de taille et ornementale dans des constructions de la rue Sherbrooke Ouest et du Square Dorchester. Elle comportait la visite de 31 édifices ou

monuments répartis sur 19 arrêts (figure 1). Les textes, figures et photographies se rapportant à cette excursion ne sont pas reproduits ici. Cependant, le lecteur intéressé pourra effectuer cette excursion d'une façon virtuelle en visitant le site Internet suivant :

<http://www.cgq-qgc.ca/tous/excursion-mtl/index.html>

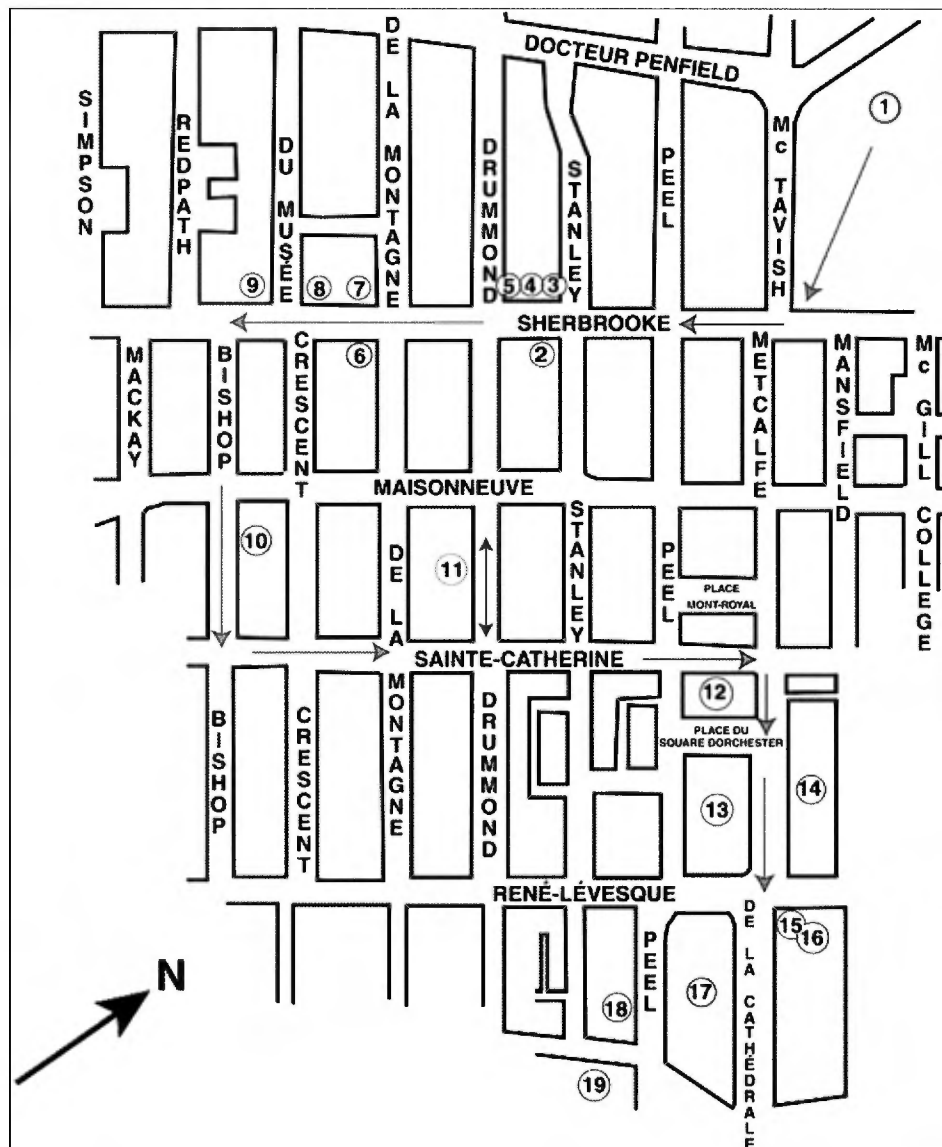


FIGURE 1 - Localisation des 19 arrêts de l'excursion.

## ANNEXE I

### Coordonnées des départements des sciences de la Terre, de Géologie et de Génie minier des universités au Québec

---

**École Polytechnique de Montréal**  
**Département des génies civil, géologique et des mines**  
Campus Université de Montréal  
2500 chemin Polytechnique,  
Montréal H3T 1J4  
Téléphone : (514) 340-4711  
Adresse Internet : <http://www.cgm.polymtl.ca/>

**Université du Québec à Chicoutimi**  
**Unité d'enseignement en sciences de la Terre**  
555, boulevard de l'Université Est,  
Chicoutimi G7H 2B1  
Téléphone : (418) 545-5011  
Adresse Internet : <http://depcom.uqac.ca/uest/>

**Université du Québec à Montréal**  
**Département des sciences de la Terre et de l'atmosphère**  
Case postale 8888, succursale Centre-ville,  
Montréal H3C 3P8  
Téléphone : (514) 987-4194  
Adresse Internet : <http://www.unites.uqam.ca/~sct/>

**Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue**  
**Unité de recherche et de service en technologie minérale**  
445 boul. de l'Université  
Rouyn-Noranda J9X 5E4  
Téléphone : (819) 762-0971 poste 2558  
Adresse Internet : <http://www.uqat.quebec.ca/recherche/urstm.htm>

**Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue**  
**Unité d'enseignement et de recherche  
en sciences appliquées**  
445 boul. de l'Université  
Rouyn-Noranda J9X 5E4  
Téléphone : (819) 762-0971 poste 2443  
Adresse Internet : <http://uqat.ca/gestac/prg/3523.asp>

**Université Laval**  
**Département de géologie et de génie géologique**  
Cité universitaire,  
Québec G1K 7P4  
Téléphone : (418) 656-3333  
Adresse Internet : <http://www.ggl.ulaval.ca/>

**Université Laval**  
**Département de génie des mines,  
de la métallurgie et des matériaux**  
Cité universitaire,  
Québec G1K 7P4  
Téléphone : (418) 656-2160  
Adresse Internet : <http://www.gmn.ulaval.ca/>

**Université McGill**  
**Department of Earth and Planetary Sciences**  
3450 University Street  
Montréal H3A 2A7  
Téléphone : (514) 398-6767  
Adresse Internet : <http://www.eps.mcgill.ca/>

**Université McGill**  
**Mining, Metals and Materials Engineering Department**  
3450 University Street  
Montreal, Quebec H3A 2A7  
Adresse Internet : <http://www.mcgill.ca/minmet/>  
Téléphone : (514) 398-1040

**ANNEXE II****Ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs du Québec  
Coordonnées de la Direction de Géologie Québec et de ses bureaux régionaux**

---

**Direction de Géologie Québec**

5700, 4e Avenue Ouest, A 208  
Charlesbourg (Québec) G1H 6R1  
Téléphone : (418) 627-6274  
Télécopieur : (418) 643-2816  
Courriel : [service.mines@mrnfp.gouv.qc.ca](mailto:service.mines@mrnfp.gouv.qc.ca)  
Adresse Internet : <http://www.mrnfp.gouv.qc.ca/mines/>

**Bureau régional de Sainte-Anne-des-Monts**

124, 1re Avenue Ouest  
Sainte-Anne-des-Monts (Québec) G4V 1C5  
Téléphone : (418) 763-3622  
Télécopieur : (418) 763-2958  
Courriel : [sainte-anne.mines@mrnfp.gouv.qc.ca](mailto:sainte-anne.mines@mrnfp.gouv.qc.ca)

**Bureau régional de Montréal**

Complexe FTQ  
545, boul. Crémazie Est, 11e étage, bur. 1110  
Montréal (Québec) H2M 2V1  
Téléphone : (514) 873-8814  
Télécopieur : (514) 873-8983  
Courriel : [montreal.mines@mrnfp.gouv.qc.ca](mailto:montreal.mines@mrnfp.gouv.qc.ca)

**Bureau régional de Rouyn-Noranda**

82, boul. Québec  
Rouyn-Noranda (Québec) J9X 6R1  
Téléphone : (819) 763-3748  
Télécopieur : (819) 763-3798  
Courriel : [rouyn-noranda.mines@mrnfp.gouv.qc.ca](mailto:rouyn-noranda.mines@mrnfp.gouv.qc.ca)

**Bureau régional de Val-d'Or**

400, boul. Lamaque, bur. 1.02  
Val-d'Or (Québec) J9P 3L4  
Téléphone : (819) 354-4735  
Télécopieur : (819) 354-4558  
Courriel : [val-dor.mines@mrnfp.gouv.qc.ca](mailto:val-dor.mines@mrnfp.gouv.qc.ca)

**Bureau régional de Sept-Îles**

456, avenue Arnaud, bur. 1.04  
Sept-Îles (Québec) G4R 3B1  
Téléphone : (418) 964-8300  
Télécopieur : (418) 964-8506  
Courriel : [sept-iles.mines@mrnfp.gouv.qc.ca](mailto:sept-iles.mines@mrnfp.gouv.qc.ca)

## ANNEXE III

## Coordonnées des organismes oeuvrant à la promotion de la géologie au Québec

**Parc de Miguasha****M. Marius Arsenault**

Directeur

CP 183

Nouvelle G0C 2E0

(418) 794-2475 (2033)

arsenault.marius@sepaq.com

**Fonds Minier Gaspésie-Les Îles****M. Jean-Paul Barrette**

237 bld Gaspé

Gaspé G4X 1A5

(418) 368-8759 (6052)

Frapmbim@cabloq.net (?)

**Club de Minéralogie de Montréal****M. André Bérard**

Trésorier

490, rue Vaillant

Terrebonne J6W 4T4

Berard@archambault.net

(450) 964-2312 (4226)

**Société Québécoise de Spéléologie****M. Jacques Kirouac**

Directeur général

4545, Ave Pierre de Coubertin

Montréal H1V 3R2

(514) 252-3006 (3201)

**Club de Minéralogie de l'Outaouais****M. Jacques Chabot**

Président

26, rue de l'Argile

Hull J8Z 3G2

jacques.chabots@videotron.ca

(819) 771-0280 (0019)

**Musée de Paléontologie et de l'Évolution****M. Mario Cournoyer**

Président

paleovision.com@sympatico.ca

(514) 933-2422 (4095)

**Héritage****M. Alain Dejeans**

Conservateur

11654, Ave Rucette

Montréal-Nord H1G 5J5

heritage@technipierreheritage.com

(514) 323-0800 (8573)

**L'atelier du Minéral****M. Yvan Gagnon**

509-2, Des Bouleaux

St- Jérôme J7Y 4G4

inf@mineral-workshop.com

(450) 565-0952 (450- 754 3029)

**Musée minéralogique et minier de Thetford Mines****M. Serge Gaudard**

Conservateur

(418) 335-2123 (5605)

711, Bld Smith Sud

C.P. 462

Thetford Mines G6G 5T3

mmmtm@mmmtm.qc.ca

**Centre d'interprétation de la géologie du Grenville****M. Jean Goyer**

(819) 428-7857

2058 Chemin Tour-du-Lac Simon

Chénéville J0V 1E0

cigg.geo@sympatico

**Planétarium de Montréal****M. Pierre Lacombe**

Directeur

1000, Saint-Jacques

Montréal H3C 1G7

placombe@ville.montreal.qc.ca

(514) 872-3611 (8102)

**Comité canadien sur les Météorites et les Impacts (CCMI)****M. Damien Lemay**3, 15<sup>e</sup> rue ouest

Rimouski G5L 7Y4

dlemay@globetrotter.net

(418) 723-5533

**Nora Pierres et Minéraux****M. Levinger Yonathan Z.**5-192<sup>e</sup> avenue

Notre-Dame Ile Perrot J7V 8P4

jonathanlevinger@securenet.net

(514) 453-0568

**Musée de géologie René Bureau****M. André Lévesque**

Conservateur

Université Laval - Dépt de géol. et de génie géologique

Québec G1K 7P4

Alevsque@ggl.ulaval.ca

(418) 656-2131 poste 8127

**Musée régional des Mines de Malartic****M. Jean Massicotte**

Directeur

(819) 757-4677 (4140)

650, De la paix

C.P. 4227

Malartic J0Y 1Z0

museum@lino.com

**MINÉROBEC INC.****M. Simon Morneau**

Géologue

1659 Bennett

Montréal H1V 2S7

(514) 915-5320

**Centre thématique fossilifère****Mme Andrée Nault**

Directrice

5, Principale

C.P. 296

Notre-Dame-du-Nord J0Z 3B0

fossiles@sympatico.ca

(819) 723-2500 (2500)

**Biodôme de Montréal****M. Marcel Parent**

4777, avenue Pierre-De Coubertin

Montréal H1V 1B3

Marcelparent@ville.montreal.qc.ca

(514) 868-3097

**Comité consultatif sur les Météorites et les Impacts****Agence Spatiale Canadienne****M. Denis Pagé**

Programmeur

269, Chemin des Patriotes

St-Mathias-sur-Richelieu J3L 6A3

astrolv@cam.org

(450) 447- 0127 ( 450- 462- 0082)

**Club de Minéralogie de la Région de l'Amiante****Mme Sonia Pomerleau**

380, St-Denis

Thetford Mines G6G 2K3

clubmineralogie.r.a@sympatico.ca

(418) 338-8789

**M. Alain Pierre****Conservateur, Tailleur de pierres**

3137, Parkville

Montréal H1N 3B4

aprince@securenet.net

(514) 257-8263 (8263)

**Centre de Santé Publique du Québec****Mme Pierrette Tremblay**

1260, de la Chaudière

St-Rédempteur G6K 1C5

tremblay.pierrette@ssss.gouv.qc.ca

(418) 831-5539 ou 686-7000, poste 444 (418- 666-2776)

**Fédération des Astronomes amateurs du Québec****M. Jean-Pierre Urbain**

Directeur

(514) 252 3038 (514- 251-8038)

4545, Ave Pierre-de-Coubertin

C.P. 1000 succ. M.

Montréal - H1V 3R2

youri@aol.com

---

## ANNEXE IV

### Autres adresses pour en savoir plus sur le Patrimoine géologique dans quelques pays et ailleurs au Canada

---

**CANADA**

[http://gsc.nrcan.gc.ca/index\\_f.php](http://gsc.nrcan.gc.ca/index_f.php)

<http://cgq-qgc.ca/>

**QUÉBEC**

[http://www.menv.gouv.qc.ca/biodiversite/aires\\_protegees/contexte/annexe1.htm](http://www.menv.gouv.qc.ca/biodiversite/aires_protegees/contexte/annexe1.htm)

Conservation de la Nature (À titre d'information pour les objectifs)

Pour la sauvegarde du patrimoine naturel québécois

Courriel : [quebec@conservationdelanature.ca](mailto:quebec@conservationdelanature.ca)

**NOUVELLE-ÉCOSSE**

<http://museum.gov.ns.ca/fossils/protect/vision.htm>

**EUROPE**

<http://www.sgu.se/hotel/progeo/articles.html>

ProGEO, fondé en 1988, a organisé de nombreuses rencontres depuis 1989.

**FRANCE**

[http://www.espace-nature.net/espace\\_naturels/types.htm](http://www.espace-nature.net/espace_naturels/types.htm)

<http://www.senat.fr/consult/geologie/>

<http://www.reserves-naturelles.org/commissions/comgeol.html>

<http://www.reserves-naturelles.org/patgeol44.html>

<http://www.reserves-naturelles.org/patgeol44.html>

<http://www.reserves-naturelles.org/jurygeol.html>

**ANGLETERRE ET ÉCOSSE**

<http://www.english-nature.org.uk/default.asp>

<http://www.jncc.gov.uk/earthheritage/Default.asp>

<http://www.sgu.se/hotell/progeo/bigc.html>

<http://www.scotland.gov.uk/library/nppg/npg14-02.htm>

[http://www.hmso.gov.uk/acts/acts1991/Ukpga\\_19910028\\_en\\_2.htm](http://www.hmso.gov.uk/acts/acts1991/Ukpga_19910028_en_2.htm)

**AUSTRALIE**

<file:///D:/Dossiers/Geosites/Sites%20web/heritage%20australie%202.htm>

**MAROC**

Association Pour la Protection du Patrimoine Géologique du Maroc (APPGM)

Avenue Annakhil – secteur 10- Hay Ryad

BP. 66-17 – Rabat – Al Irfane 10.101

Tél. 212 (0) 37 71 33 74

**Ressources  
naturelles,  
Faune et Parcs**

**Québec** 