

# Si la Terre m'était contée...

**Géologie** de la  
réserve faunique  
de Papineau-Labelle

Pierrette Tremblay

Louise Corriveau

Robert-André Daigneault

B  
3451  
.P3  
C5  
1996  
.I5

... tout  
un monde  
sous nos pieds

Nous dédions la présente brochure aux employés de la réserve faunique de Papineau-Labelle. Leur intérêt envers notre travail, et tout spécialement à l'égard de ce projet, a été des plus stimulants. Leur soutien nous a grandement facilité la vie de terrain.

Cette brochure a été réalisée par INRS-Géoressources, un des huit centres de l'Institut national de la recherche scientifique, en étroite collaboration avec :

le ministère de l'Industrie, du Commerce, de la Science et de la Technologie, dans le cadre de son programme *Étalez votre science*,

la Commission géologique du Canada et

le ministère de l'Environnement et de la Faune,

et avec leur apport financier.

Nous remercions l'Institut professionnel de la fonction publique du Canada et Stratmin Graphite pour leur contribution financière à l'impression de la brochure.

Les auteurs

**Pierrette Tremblay**  
INRS-Géoressources

**Louise Corriveau**  
Commission géologique du Canada

**Robert-André Daigneault**  
Commission géologique du Canada

Éditeur

**INRS-Géoressources**  
2535, boul. Laurier  
C.P. 7500  
Sainte-Foy (Québec)  
G1V 4C7

Dépôt légal : Bibliothèque nationale du Québec, 1996  
Dépôt légal : Bibliothèque nationale du Canada, 1996  
ISBN2-9805056-0-9

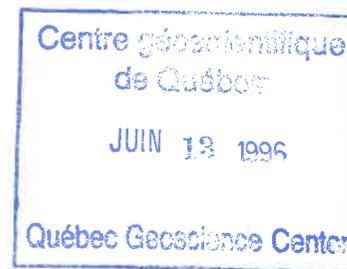
## Si la Terre m'était contée...



Venez découvrir un coin de notre planète : la réserve faunique de Papineau-Labelle, au cœur de l'Outaouais et des Laurentides. Pour vous raconter **tout ce monde sous vos pieds**, nous vous proposons des données scientifiques accumulées par des générations de géologues mais aussi des informations de dernière heure. Celles-ci ont été recueillies par des chercheurs qui étudient depuis plusieurs années les roches de la réserve faunique. Avec leur expertise et leur imagination, ils vous accompagnent à chaque étape et vous font découvrir les grands concepts de la géologie.

Comme la science est en renouvellement constant, chaque primeur est marquée par un sceau spécial (voir au bas de la présente page). Dans 10 ans, 20 ans ou 50 ans, d'autres géologues se pencheront sur la région. L'histoire évoluera, les modèles aussi. Mais les roches, elles, ne changeront guère durant l'existence de notre espèce.

Les roches de la réserve faunique de Papineau-Labelle ont plus d'un milliard d'années d'histoire ! Toutes ces années à documenter, à reconstituer et à raconter. La loutre Titanite, notre mascotte, vous accompagnera. Elle est brune comme le minéral qui porte son nom. Surtout, n'oubliez pas le dépliant *Rallyes géologiques*. Nous y faisons souvent référence.



La science en renouvellement constant



Nouvelle de dernière heure



Voir la carte-dépliant *Rallyes géologiques*

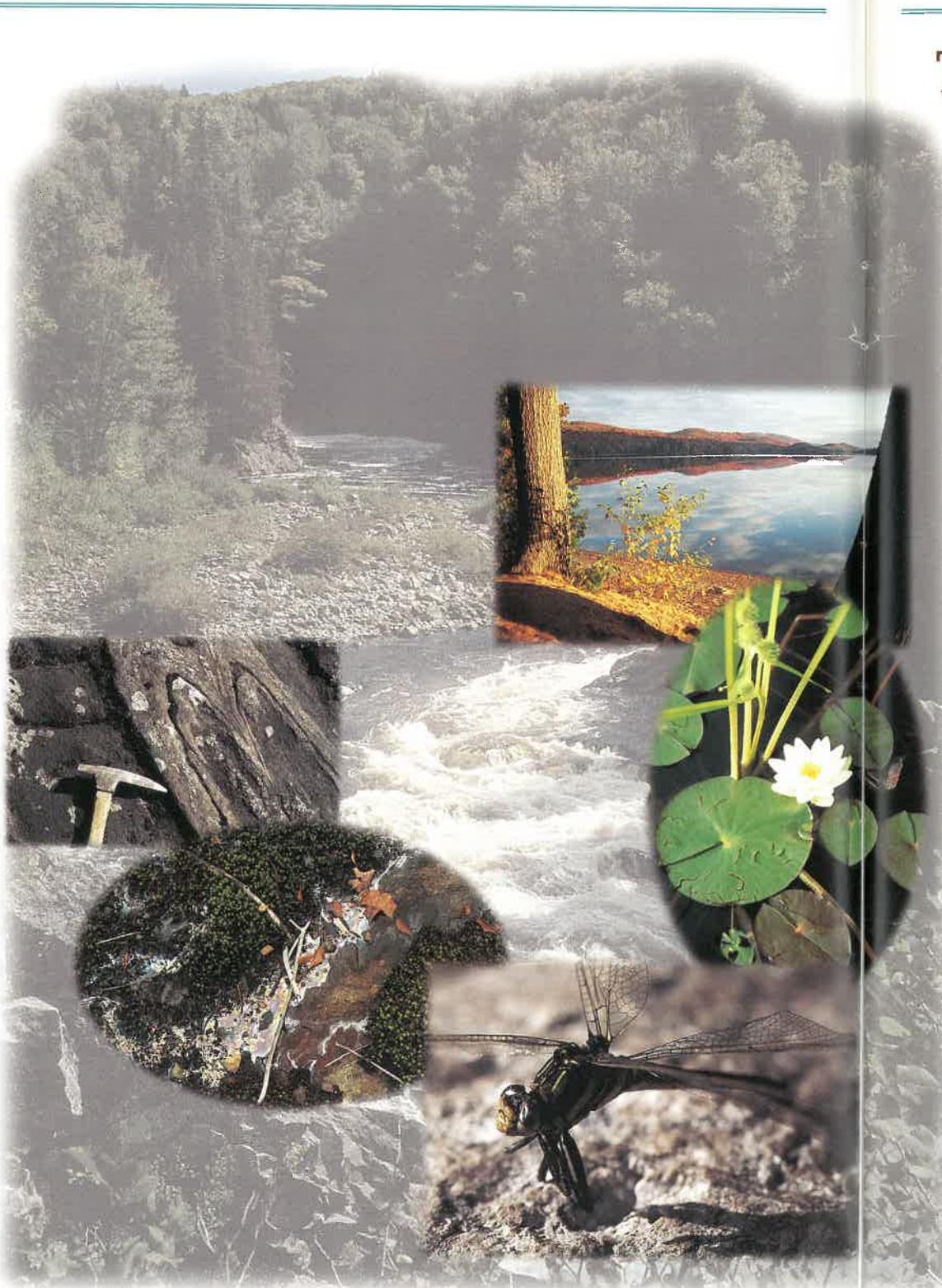
# Table des matières

## De la loupe du géologue aux grands concepts de la géologie

- 4 Les géologues : des détectives
- 6 Une journée avec des géologues
- 8 La Terre a une histoire
- 10 La Terre bouge elle aussi
- 12 Du casse-tête à une théorie
- 14 La tectonique des plaques : comment ça marche ?
- 16 Ces volcans qui crachent du feu et des pierres
- 18 Les roches, archives de la Terre
- 20 Même la Terre recycle !
- 22 Les roches ignées : du magma solidifié
- 24 Elle a échantillonné la croûte terrestre !
- 26 Rescapées des profondeurs
- 28 Roche ou minéral ?
- 30 Minéral, minéral dis-moi qui tu es
- 32 Comment détermine-t-on l'âge d'une roche ?
- 34 L'Outaouais vue d'un satellite
- 36 Une étape dans la construction du continent nord-américain
- 38 De la géologie à l'écologie, il n'y a qu'un pas
- 40 Une petite histoire des roches de la réserve faunique de Papineau-Labelle
- 42 Sur les traces des glaciers
- 44 À vendre au lac Gagnon : terrain avec vue sur la mer

## La géologie au quotidien

- 46 Ces sols qui portent la vie
- 48 L'eau, ressource fragile
- 50 L'exploitation des ressources minérales, c'est essentiel
- 52 Une histoire qui ne date pas d'hier : l'exploration minière dans l'Outaouais et les Laurentides
- 54 Trouver des mines
- 56 L'exploitation du graphite : un débat
- 58 1 000 kg de roches plus tard
- 60 De quoi sera fait demain ?
- 61 Quelques suggestions
- 62 Les bonnes lectures et les bonnes adresses
- 64 La réserve faunique de Papineau Labelle : à voir



## Les géologues : des détectives

Des détectives modernes qui déchiffrent les secrets de la Terre en alliant leur sens de l'observation et de la déduction aux nouvelles technologies.



Certains d'entre eux cherchent des substances utiles à notre vie de tous les jours. D'autres étudient les tremblements de terre, les explosions volcaniques, les glissements de terrain. D'autres cartographient la distribution des roches, des graviers, région après région. Ces données sont utiles, entre autres, pour l'aménagement du territoire et la protection de l'environnement.

Tous, ils contribuent à reconstituer l'histoire de la Terre et à améliorer nos connaissances pour vivre en harmonie avec notre planète.

### Les outils du géologue

La plupart des géologues recueillent leurs données de terrain avec des outils très simples : un marteau de géologue, une loupe, une pelle, un aimant, un canif. Ils emmènent aussi sur le terrain des photographies aériennes (p. 45) ou une carte topographique (p. 6) pour localiser les endroits observés. Avant d'aller sur le terrain, ils consultent également des photos prises par satellite (p. 35) et des cartes géophysiques.

L'ordinateur est vite devenu un outil indispensable pour eux. En effet, il permet de traiter les données de terrain et de laboratoire, de les visualiser spatialement puis de dessiner des cartes géologiques (des roches, des dépôts meubles, etc.).

Sur le terrain, ils interprètent leurs observations à l'aide de trois principes fondamentaux. Ce sont les principes de superposition des roches, de recoupement et d'inclusion (voir p. 22).

### Que font les géologues avec les roches qu'ils ramassent ?

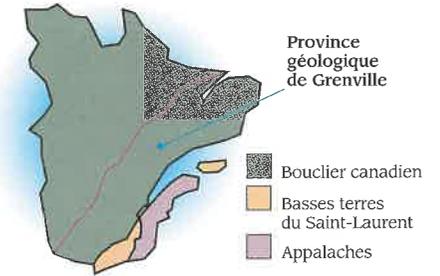
De retour du terrain, les géologues scient leurs roches pour les découper en lames minces, c'est-à-dire des tranches de 0,03 mm d'épaisseur. Ces tranches sont tellement minces que la plupart des minéraux sont translucides. À l'aide d'un microscope polarisant, ils identifient les minéraux et observent les textures de la roche.

Les géologues utilisent aussi des appareils très sophistiqués pour analyser leurs échantillons. Par exemple, ils mesurent très précisément la composition des minéraux et même les variations de composition à l'intérieur des grains. Pour établir la composition chimique de la roche elle-même, ils broient et pulvérisent une partie de l'échantillon et analysent cette poudre.

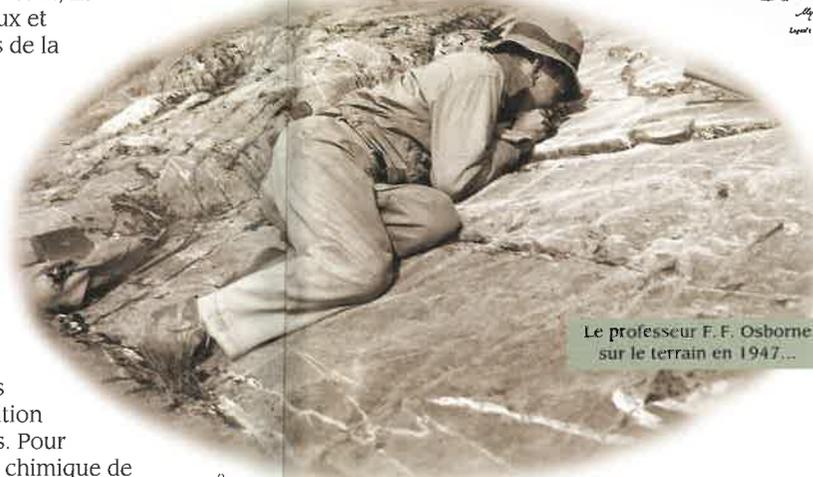
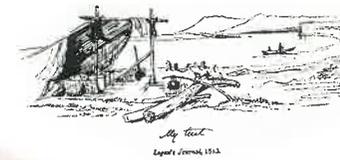
### Sir William E. Logan, le père de la géologie canadienne

En 1842, sir William E. Logan fonde la Commission géologique du Canada. Son mandat est de chercher du charbon et des mines. Il distingue pour la première fois les grandes divisions géologiques de l'est du Canada : les roches plissées des Appalaches, les roches sédimentaires des basses terres du Saint-Laurent et les roches beaucoup plus anciennes du

Bouclier canadien. En 1863, il donne le nom de série de Grenville à des roches très déformées près du village de Grenville, le long de la rivière des Outaouais. Le nom restera. La Province géologique de Grenville désigne aujourd'hui une partie du Bouclier canadien qui longe le fleuve Saint-Laurent des Grands Lacs jusqu'à la mer du Labrador.



« L'entreprise sera ardue [...] Les marins et les mouches noires sont une véritable torture pour le géologue [...] En plus de relever les caractéristiques géologiques du Pays, il devra [...] cartographier les cours d'eau et les montagnes, car il n'en existe aucune carte exacte. » Logan, 1843.



Le professeur F. F. Osborne sur le terrain en 1947...

### F. Fitz Osborne, pionnier de la géologie du Grenville

En 1934, quand le professeur Osborne commence ses travaux de terrain dans la région de Labelle-L'Annonciation pour le compte du ministère des Mines du Québec, il n'y a pas de cartes topographiques, ni de photos aériennes. « Nous devons faire énormément de travail d'arpentage à l'aide de boussoles. J'ai été un des premiers géologues à utiliser les photos aériennes au Québec. »

Au cours de sa longue et fructueuse carrière, d'abord à l'Université McGill, puis à l'Université Laval, le professeur Osborne a toujours poursuivi des travaux de recherche dans la Province géologique de Grenville. « Ma thèse de doctorat m'a amené à m'intéresser aux roches de cette province. On croyait alors qu'elles étaient les plus vieilles sur Terre. On sait maintenant que ce n'est pas le cas. Ce sont des roches qui ont été déformées plusieurs fois. » Il a tout récemment emménagé dans une résidence pour personnes âgées. Et devinez ce qu'il a apporté avec lui, à plus de 90 ans : son microscope, des lames minces et un sac d'échantillons de roches du Grenville.



... et Louise Corriveau en 1995

### Quelques définitions

- Carte géologique** : carte qui montre la distribution et le type de roches et de sédiments à la surface.
- Carte géophysique** : carte qui illustre les propriétés physiques des roches comme leur magnétisme et leur radioactivité naturelle. Ces propriétés sont mesurées au sol ou en avion.
- Carte topographique** : carte montrant le relief, les cours d'eau, les routes, etc.
- Photographie aérienne** : photographie de la surface de la Terre prise en avion. En superposant deux photographies d'une même région prises sous deux angles différents, on obtient une vue en trois dimensions.



# Une journée avec des géologues

Plus jamais je ne verrai les roches de la même manière.



## 7 h 00 : le réveil

Au refuge Héron, dans la réserve faunique de Papineau-Labelle, l'équipe géologique s'éveille : la chef d'équipe, Louise, et son bébé de 16 mois ; Nalini, Guillaume, David, Louis et Katherine, cinq étudiants au baccalauréat, à la maîtrise et au doctorat ; et moi, venue passer une journée sur le terrain.

## 7 h 15 : les préparatifs... et en route

Le chalet se transforme vite en ruche d'abeilles. « Est-ce que quelqu'un a vu les photos aériennes du lac Gagnon ? J'en ai besoin pour cartographier les rives en canot », demande Louis. Guillaume, étudiant en hydrogéologie, prépare ses bouteilles ; le chalet prend l'allure d'un mini-laboratoire. Son assistante et lui iront de maison en maison échantillonner l'eau des puits. J'accompagnerai en canot l'équipe qui cartographiera le long des routes (Circuit des mordus).

## 9 h 00 : l'observation

Début de la cartographie. Nalini conduit pendant que je tente de localiser où nous sommes sur la photo aérienne. « C'est pas toujours évident ! »

« OK, on arrête ici », annonce Louise. On descend, on fait le tour de l'affleurement numéro 1650. (On donne un numéro à chaque affleurement qu'on décrit.) Je demande ce qu'est un affleurement. Nalini m'explique que c'est un endroit où les roches du sous-sol apparaissent à la surface. Un cap de roches, un cran, une falaise sont tous des affleurements.

Nalini mesure l'orientation et l'inclinaison des couches et l'alignement des minéraux avec une boussole d'arpentage. Elle me montre de fines rainures à la surface de la roche. Ces stries ont été créusées par les cailloux transportés à la base des glaciers. Une mesure de leur orientation nous apprend que le glacier s'écoulait dans une direction nord-sud. Puis, elle note les observations de Louise. Affleurement après affleurement, les roches sont généralement les mêmes : des gneiss. Ce sont des roches métamorphiques qui contiennent du feldspath, du quartz, de la biotite et du grenat. Elles sont beiges en surface et grises quand on les casse. On y voit des couches de couleurs différentes. On s'arrête, on note, on repart... vite. Louise m'explique qu'il faut décrire beaucoup d'affleurements pour reconstituer l'histoire des roches d'une région.

## 9 h 40 : l'incertitude

Affleurement 1654. « Tiens, c'est pas pareil ici. »

La roche est blanche et toute mouillée. La surface est si lisse qu'il est impossible de prélever un échantillon. « C'est pas des marbres, la roche est trop dure. Qu'est-ce que ça peut bien être ? », demande Nalini. « Aucune idée ! », répond Louise. « Quoi, tu ne sais pas ! » Louise admet qu'elle n'a jamais vu une telle roche. À REVOIR. Nous continuons, nous sommes à nouveau devant du gneiss.

## 10 h 00 : une découverte

Louise: « Arrête, il y a quelque chose de spécial ! », « Quoi ? », lui demande-t-on ? « Je ne sais pas encore mais arrête ». Louise saute du camion, regarde et crie : « Yé ! Ça fait dix ans que je rêve de trouver des roches comme ça ! » Elle me montre une roche foncée qui contient tout plein de fragments qui proviennent des profondeurs de la Terre (p. 24). Après deux heures à inspecter 1 m<sup>2</sup> d'affleurement, le nez collé sur la roche, on sort nos lunches.

## 14 h 00 : les boussoles sont folles

Affleurement 1659. Nous sommes à nouveau à genoux, la loupe et l'aimant à la main. L'affleurement est riche en magnétite, un minéral fortement attiré par l'aimant. Pas surprenant que les boussoles s'affolent ; il faut s'éloigner de l'affleurement pour prendre des mesures. La liste des minéraux s'allonge : Louise et Nalini découvrent des grains de cordiérite bleue et des grains de grenat rouge. On ne peut pas prendre d'échantillons avec les marteaux de géologue car l'affleurement est plat.

Il faudra une scie portative avec une lame à diamants.

## 17 h 00 : le retour

Après avoir décrit 19 affleurements au cours de la journée et recueilli une dizaine d'échantillons (10 kg), nous rentrons au camp. Chacun raconte ce qu'il a vu. La roche à fragments est le sujet principal du jour. Puis on va chercher la plus jeune de l'équipe chez sa gardienne.

## 19 h 00 : un souper communautaire

Nous avons de la visite ce soir : Alain, le gardien, vient souper avec nous. On mange bien sur le terrain et on discute fort. Nous célébrons cette journée fructueuse.



## 21 h 00 : la journée continue

Le bébé est maintenant au lit ; Louise s'attable pour planifier la journée du lendemain. Les assistants lisent, écoutent de la musique, regardent les photos aériennes ou le ciel. Les étoiles sont superbes ce soir. Mais on annonce de la pluie pour demain. Ce sera une bonne occasion pour vérifier l'équipement, planifier le travail des prochains jours, compiler les données sur ordinateur, faire la carte, discuter des observations, cuisiner, nettoyer le camp et faire le lavage.

Quant à moi, je repars avec des roches pour ma collection et de beaux souvenirs.

## Quelques définitions

**Biotite** : minéral noir qui se défait en paillettes brillantes.

**Cordiérite** : minéral bleuté qui peut être une pierre gemme.

**Gneiss** : roche métamorphique, généralement rubanée, rose ou grise.

**Grenat** : minéral de couleur rose à rouge, généralement sous forme de cristaux arrondis.

**Hydrogéologie** : volet de la géologie qui étudie l'eau souterraine.

**Métamorphique (roche)** : toute roche qui a été transformée sous l'effet de la température et de la pression.

Carte topographique où l'on a localisé les affleurements décrits durant la journée.



# La Terre a une histoire

Et cette histoire, nous pouvons la retracer dans les roches, les sables et les graviers.

## Le présent est une clé du passé

Si l'astronomie s'occupe de distances infiniment grandes — au-delà de notre imagination — et la physique de particules infiniment petites, la géologie traite de durées de temps extrêmement longues. Pour les humains, 50 ans, 100 ans, c'est vieux. Mais quand on étudie la Terre, on parle de millions et même de milliards d'années.

Jusqu'au 18<sup>e</sup> siècle, on croyait que la Terre avait moins de 5 000 ans et qu'elle s'était formée en six jours. En 1785, James Hutton propose que les processus naturels que l'on peut observer aujourd'hui, comme le volcanisme, l'érosion, la sédimentation, se sont aussi produits dans le passé. C'est la théorie de l'actualisme. Mais il faut également tenir compte des changements inexorables de la Terre. Par exemple, elle se refroidit avec le temps. Son atmosphère s'est enrichie graduellement en oxygène.

## Il était une fois...

L'échelle des temps géologiques a été développée grâce aux fossiles contenus dans les roches. Elle est maintenant raffinée grâce aux datations faites sur certains minéraux (p. 32). Un événement marquant sépare chacun des quatre grands blocs de l'histoire de la Terre. Par exemple, le début du

Paléozoïque est marqué par l'apparition des animaux à coquille et à carapace.



PRÉCAMBRIEN

4,5 milliards d'années

On a récemment établi, en datant des météorites, que la Terre s'est formée il y a environ 4,5 milliards d'années.

4,0



**Les plus vieilles roches** connues ont été découvertes dans les Territoires du Nord-Ouest. Elles ont 4 milliards d'années.

La surface de la Terre est bombardée de météorites et parsemée d'îles volcaniques. L'atmosphère est formée surtout de gaz carbonique, d'azote et de vapeur d'eau.

3,6

**La vie apparaît.** Les océans fourmillent de bactéries et d'algues. Les plus vieux stromatolites, ces petits édifices construits par des algues, ont 3,6 milliards d'années. Il s'en forme encore aujourd'hui à Shark Bay, en Australie. On en a aussi découvert dans les roches de l'Abitibi (2,7 milliards d'années).



Les stromatolites de Shark Bay

2,4

**L'oxygène** commence à s'accumuler dans l'atmosphère.

Le Canada contient des roches précambriennes d'âges très différents. C'est grâce à certains minéraux, véritables « horloges atomiques », qu'on a pu les dater. Ce n'est qu'à partir du Paléozoïque que les organismes évoluent assez rapidement pour nous guider à travers le temps.

1,8

**D'immenses dépôts de fer** se forment dans les océans.

Paléozoïque (vie ancienne)

Mésozoïque (vie intermédiaire)

570 millions d'années



De nouvelles datations placeraient le début de cette période à 543 millions d'années.

245

Cénozoïque (vie récente)

65

PALÉOZOÏQUE

MÉSOZOÏQUE

CÉNOZOÏQUE

Cambrien

570 millions d'années

**Explosion de la vie dans les océans.** Le nombre d'espèces s'accroît de façon remarquable. Cet épisode, unique dans l'histoire de la Terre, dure dix millions d'années. Plusieurs groupes d'animaux à coquille et carapace font leur apparition : trilobites, graptolites, mollusques. Comme ils ont un squelette extérieur, ils seront préservés dans les roches comme fossiles.

505

**Les premiers vertébrés** sont des poissons primitifs. Les trilobites, animaux semblables aux limules, et les brachiopodes règnent dans les mers.

440

**Les premiers végétaux terrestres.**

408

**L'âge des poissons.** Ceux-ci « sortent » des mers et colonisent la terre ferme. Les fougères géantes dominent le paysage.

360

**Le climat chaud et humide** favorise une végétation luxuriante. Une fois fossilisée, celle-ci sera transformée en charbon, source de combustible importante pour nous.

**Collision des continents** pour former la Pangée, un supercontinent (p. 13).

286

**Grande période d'extinction** à la fin du Permien. Plus de 75 % des familles d'amphibiens ainsi qu'un grand nombre de plantes disparaissent. D'immenses calottes glaciaires couvrent une partie de la Pangée.

245

**L'âge d'or des dinosaures.**

190

**Le Jurassique**, c'est la période comprise entre 190 et 135 millions d'années au cours de laquelle les dinosaures géants règnent sur la Terre. Il y a environ 180 millions d'années, la Pangée se brise et les morceaux commencent à s'éloigner les uns des autres pour former les continents actuels.

135

**Extinction des dinosaures** à la suite d'un événement catastrophique vers la fin du Crétacé. Lequel ? Les scientifiques débattent la question depuis longtemps.

65

**Les mammifères**, très petits jusqu'alors, occupent la place laissée par les dinosaures et deviennent, pour certains, énormes.

1,6

De 1,6 million d'années à aujourd'hui

**L'espèce humaine se développe.**

Cette période est caractérisée par de grandes variations climatiques et plusieurs épisodes glaciaires.



18 000 ans

**Une épaisse couche de glace** recouvre le nord des États-Unis et presque tout le Canada.

12 000 ans

**À la suite du réchauffement du climat** amorcé il y a 18 000 ans, la taille de la calotte glaciaire est beaucoup réduite. Les eaux de l'océan Atlantique envahissent les basses terres du Saint-Laurent.

1000 ans

**Les Vikings explorent** l'Atlantique Nord et exploitent son fer.

504 ans/1492

**Christophe Colomb « découvre »** l'Amérique et l'or des autochtones.

388 ans/1608

**Champlain fonde Québec.**

1908

**Glissement de terrain** à Notre-Dame-de-la-Salette.

1992

**La chute d'une météorite** est aperçue au nord-ouest de Mont-Laurier.

1994 et 1995

**Tremblements de terre** en Californie et au Japon.

Tous les ans

Crue printanière plus ou moins catastrophique de la rivière Chaudière en Beauce, explosions volcaniques, érosion des berges du Saint-Laurent, tremblements de terre, contamination des nappes d'eau souterraine, découverte de mines.



La découverte récente du cratère météoritique de Chicxulub, au Mexique, résout peut-être l'énigme de la disparition des dinosaures. Il y a 66,4 millions d'années, une immense météorite se serait fracassée contre le Mexique. Sous la force de l'impact, la météorite et les roches qu'elle a frappées auraient été pulvérisées. Les fines poussières seraient dispersées sur de très grandes distances et auraient bloqué la lumière du soleil durant de nombreuses années. Sans soleil, c'est toute la chaîne alimentaire qui se trouvait perturbée. Cela aurait entraîné la disparition rapide des dinosaures.



Grand héron

# La Terre bouge elle aussi

Les tremblements de terre nous démontrent que la Terre est une planète dynamique. Elle bouge périodiquement pour libérer l'énergie qu'elle a accumulée.



## La Terre tremble souvent

Les sismographes détectent au-delà d'un million de tremblements de terre par année. Cependant, 95 % d'entre eux sont trop faibles ou trop profonds pour être ressentis par l'être humain. Les tremblements de terre résultent de mouvements le long de fractures ou zones de faiblesse de l'écorce terrestre. Ces mouvements sont soudains et ils engendrent des vibrations qu'on appelle « ondes sismiques ». Ces vibrations font trembler la Terre lorsqu'elles arrivent à la surface. Elles sont aussi responsables des bruits sourds associés aux tremblements de terre importants.

La Commission géologique du Canada est chargée de surveiller l'activité sismique au Canada. Voici comment elle a annoncé un tremblement de terre à Notre-Dame-de-la-Paix.

## Communiqué de presse

Date : 16 novembre 1992  
 Tremblement de terre ressenti  
 L'épicentre est situé à environ 4 km au sud-est de Notre-Dame-de-la-Paix.  
 Heure : 22 h 58  
 Magnitude : 4,4 sur l'échelle de Richter

## La structure de la Terre

Personne n'est jamais allé au centre de la Terre... sauf dans les ouvrages de science-fiction. Pourtant, nous pouvons décrire assez bien sa structure. Si on la coupait en deux, la Terre ressemblerait à une pomme : noyau métallique solide très dense et très chaud (les pépins), noyau externe de métal liquide (leur enveloppe), manteau de roche solide (la chair) et mince croûte continentale ou océanique (la pelure).

Cette vision, les scientifiques l'ont acquise en étudiant les ondes sismiques générées au cours de tremblements de terre et enregistrées par les sismographes.

## Le programme LITHOPROBE



Cet important programme national vise à mieux connaître les grandes structures de l'écorce terrestre. Pour ce faire, on crée des mini-tremblements de terre avec des camions de 20 tonnes. Chaque grand changement de type de roches réfléchit les ondes comme un miroir. Quand ces dernières reviennent à la surface, elles sont captées par des récepteurs (géophones) disposés le long d'une ligne de plusieurs kilomètres.

## L'échelle de Richter

Cette échelle reflète la quantité d'énergie libérée au cours d'un tremblement de terre. Celle-ci est évaluée en mesurant l'amplitude des ondes enregistrées par les sismographes. À noter qu'un séisme de magnitude 7 libère environ 1 000 fois plus d'énergie qu'un séisme de magnitude 5 ; la différence entre un pétard et un bâton de dynamite quoi ! À des fins de comparaison, la bombe atomique d'Hiroshima a relâché une énergie semblable à un séisme de magnitude 5,5.

**2,5 et moins** → On ne sent pas les ondes mais les sismographes peuvent les détecter. C'est le cas de la grande majorité des séismes.

**2,5-4,9** → On ressent la secousse mais il n'y a aucun dommage.

**5,0-6,0** → Certains dommages peuvent être constatés. Le tremblement de terre du Saguenay, le 25 novembre 1988, avait une magnitude de 6.

**6,1-6,9** → Des dommages considérables sont observés dans les régions peuplées. Il s'en produit environ 70 par année dans le monde.

**7,0-7,9** → Tremblement majeur qui peut causer de sérieux dommages sur une grande étendue. Environ 10 par année en moyenne. Celui du 17 octobre 1989 à Loma Prieta, en Californie, avait une magnitude de 7,1 et celui de Kobe, au Japon, en janvier 1995, 7,2.

**8 et plus** → Grand tremblement de terre. Il s'en produit un tous les 4 ans en moyenne dans le monde. C'est le « Big One » qu'on prédit pour la Californie.

## Que faut-il faire pendant un tremblement de terre ?

1. Rester calme.
2. Demeurer à l'intérieur si l'on y est. Comme les objets qui tombent représentent la principale source de danger, s'abriter sous un cadre de porte, une table, un lit.
3. Si l'on se trouve à l'extérieur, y rester et se tenir loin des fils électriques et des bâtiments.
4. Si l'on est dans un véhicule, le stationner loin des édifices, des ponts et des viaducs.

## Solide comme du roc

Les dommages causés par les tremblements de terre dépendent aussi de la proximité de l'épicentre par rapport aux zones habitées, de l'état et du type de constructions et des types de sols. Les édifices construits directement sur le roc résistent mieux aux tremblements de terre. Sur les dépôts meubles, les séismes sont ressentis plus intensément. Quand la terre de remplissage est peu compactée et contient beaucoup d'eau, elle se comporte comme de la gélatine. Les tremblements de terre provoquent parfois des glissements de terrain. Mais, contrairement à ce qu'on peut voir dans les bandes dessinées, la Terre ne s'entrouvre pas pendant un tremblement de terre. Elle casse et se déplace de part et d'autre des fractures.

Pour en savoir plus, contactez la Commission géologique du Canada ou Protection Civile Canada (voir p. 63).

## Quelques définitions

**Asthénosphère** : partie profonde du manteau sous la lithosphère qui se déforme très lentement.

**Épicentre** : endroit à la surface directement au-dessus du foyer du tremblement de terre.

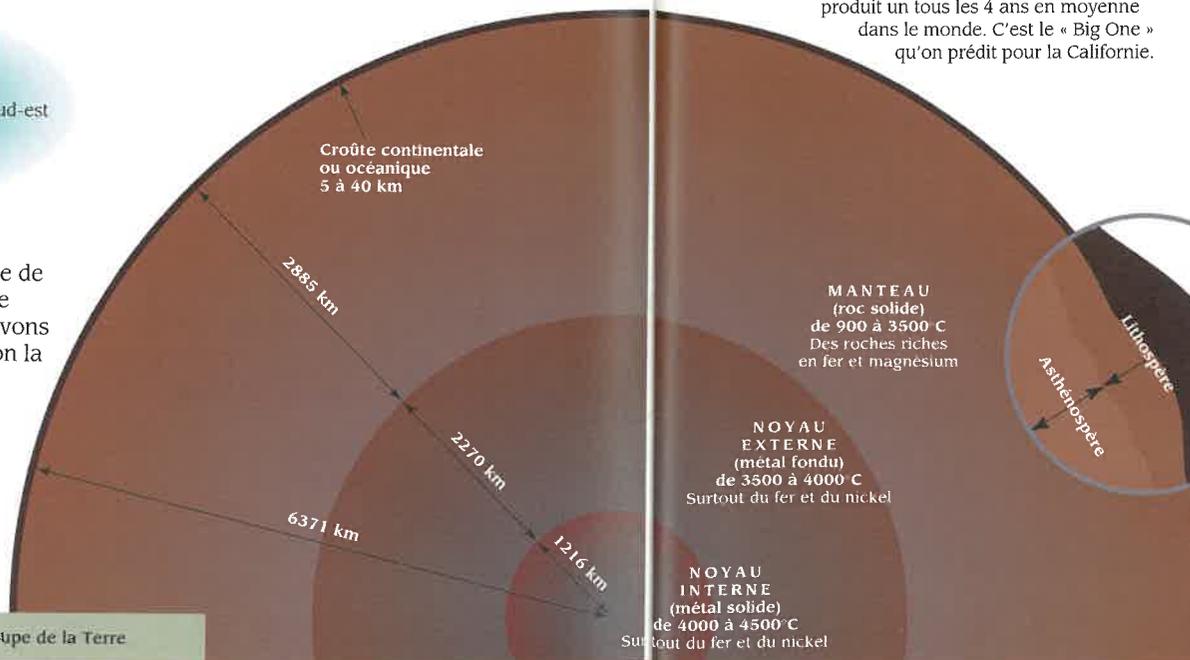
**Foyer** : point à l'intérieur de la Terre où se libère l'énergie d'un tremblement de terre.

**Lithosphère** : croûte terrestre et son manteau supérieur rigide.

**Magnitude** : mesure de la quantité d'énergie libérée au cours d'un tremblement de terre.

**Séisme** : tremblement de terre.

**Sismographe** : appareil qui enregistre et mesure les tremblements de terre.



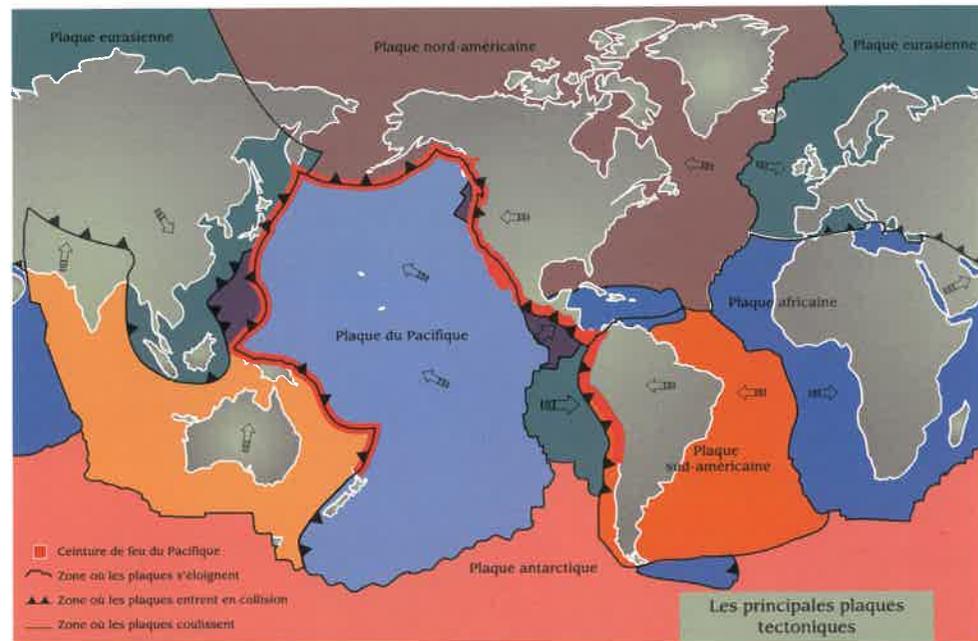
# Du casse-tête à une théorie

Sur un globe terrestre, les continents ressemblent à des morceaux de casse-tête qui s'imbriquent presque parfaitement les uns dans les autres.



L'observation qui précède, ainsi que plusieurs autres, ont mené à la théorie de la tectonique des plaques. Selon cette théorie, l'écorce terrestre est segmentée en une vingtaine de plaques qui se déplacent les unes par rapport aux autres. Cette théorie explique comment se forment les chaînes de montagnes et

les bassins océaniques et pourquoi les tremblements de terre et le volcanisme sont concentrés dans certaines régions du globe. La théorie de la tectonique des plaques illustre bien comment la méthode scientifique fonctionne.



|  | Étape 1<br>Observations et questions  | Étape 2<br>Hypothèse   | Étape 3<br>Prédictions (à partir du modèle théorique)   | Étape 4<br>Vérification des prédictions   |
|--|---|--|---|---|
| PREMIER ESSAI : AU DÉBUT DU 20 <sup>e</sup> SIÈCLE, LA DÉRIVE DES CONTINENTS | <ul style="list-style-type: none"> <li>Le météorologue allemand Alfred Wegener observe la similarité entre les fossiles contenus dans les roches de plusieurs continents, la similarité des types de roches et de leurs structures.</li> <li>Les tremblements de terre et l'activité volcanique sont concentrés le long d'une étroite bande encerclant l'océan Pacifique. On surnomme cette bande la « Ceinture de feu du Pacifique ».</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Wegener formule l'hypothèse de la dérive des continents. Avant, il n'y avait qu'un seul gros continent sur la Terre : la Pangée. Ce continent s'est fracturé en plusieurs morceaux qui se sont éloignés les uns des autres pour former les continents actuels. Selon Wegener, les continents flottent sur le manteau.</li> </ul>  | <p>La Pangée, il y a environ 220 millions d'années</p>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Comme les géophysiciens ne pouvaient imaginer de mécanismes plausibles pour expliquer le mouvement des continents, la théorie a été rejetée. Vers 1960, la grande majorité des géologues croyaient encore que les continents ne bougeaient pas.</li> </ul>                                 |
|  | DEUXIÈME ESSAI : À LA FIN DES ANNÉES 60, LA THÉORIE DE LA TECTONIQUE DES PLAQUES  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Lors de la cartographie du fond des océans, on a découvert de grandes chaînes de montagnes sous-marines, au centre de l'Atlantique par exemple. Ce sont les dorsales océaniques.</li> <li>On a aussi mesuré le magnétisme des roches qui forment le fond des océans. Les patrons magnétiques forment des bandes parallèles symétriques de part et d'autre des dorsales océaniques.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>L'écorce rigide de la Terre est segmentée en une vingtaine de plaques. Sept d'entre elles sont très grandes ; les autres sont beaucoup plus petites. Ces plaques se déplacent et transportent les continents. Certaines plaques s'éloignent l'une de l'autre, d'autres entrent en collision. D'autres encore ne font que se frotter l'une contre l'autre.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Si l'hypothèse de la tectonique des plaques est juste, les continents devraient s'éloigner ou se rapprocher les uns des autres de quelques centimètres par année. Aussi, plus on s'éloigne des dorsales océaniques, plus les roches au fond de l'océan devraient être vieilles.</li> </ul> |
|  | <p><b>Comment ça marche ?</b> Les continents se comparent à nous sur un tapis roulant : arrivés au bout du tapis, nous entrons en collision avec le plancher (la terre ferme) alors que le tapis (la lithosphère) s'enfonce sous le plancher (le continent). Ce sont des courants à l'intérieur de la Terre qui serviraient de moteurs au déplacement des plaques, car les roches bougent continuellement dans la partie inférieure du manteau.</p> |  | <p><b>À la 5<sup>e</sup> étape, l'hypothèse devient théorie.</b> De l'idée avant-gardiste de Wegener, on en est venu à formuler une théorie cohérente : la théorie de la tectonique des plaques. La très grande majorité des chercheurs la reconnaissent comme la théorie unificatrice de la géologie.</p>  |   |



# La tectonique des plaques : comment ça marche ?

Pour comprendre comment les plaques tectoniques se déplacent, il suffit d'observer la débâcle dans une rivière au printemps.

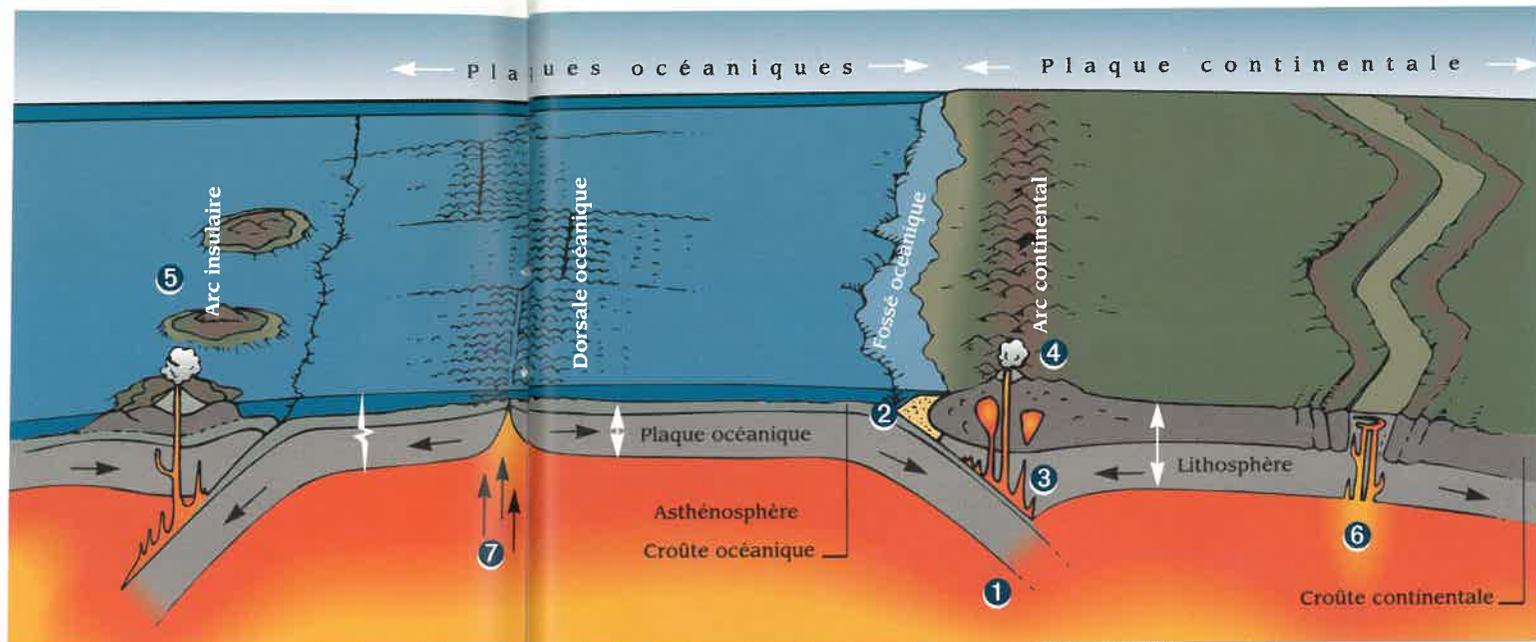
Pendant la débâcle, les plaques de glace s'entrechoquent ou coulissent les unes contre les autres. Finalement, elles s'empilent et forment une grande crête le long de la rive.

Les plaques de glace sur l'eau se comportent comme des microcontinents et des îles volcaniques à la dérive sur le manteau. Elles finissent par entrer en collision avec une grosse plaque continentale. Dans notre analogie, la terre ferme est le continent. La crête de glaces, elle, correspond à la chaîne de montagnes formée par la collision des plaques. Seules les bordures du continent subissent le contrecoup de la collision. L'action se passe donc à la jonction des plaques. C'est là que se concentrent les tremblements de terre et l'activité volcanique. C'est aussi là que se construisent de nouvelles chaînes de montagnes.

## Des plaques qui entrent en collision

Quand une plaque continentale entre en collision avec une plaque océanique, la plus dense, la plaque océanique, s'enfonce sous l'autre. C'est la subduction. La zone de subduction (1) est marquée par un fossé océanique pouvant atteindre plusieurs kilomètres de profondeur.

Parfois le continent agit comme un chasse-neige. Il gratte une partie des sédiments qui recouvrent la croûte océanique. Ceux-ci s'accumulent le long du continent comme un banc de neige (2).



La croûte océanique bien « mouillée » s'enfonce jusqu'à une centaine de kilomètres sous le continent et perd son eau. Les sédiments qui ont été entraînés avec cette croûte océanique et les roches au-dessus fondent pour former du magma (3). Les magmas montent à la surface et donnent naissance à des volcans alignés en forme d'arc le long du continent, comme ceux de la Ceinture de feu du Pacifique. Les volcans se forment parfois directement sur le continent, comme dans les Andes, en Amérique du Sud. Ce sont des arcs continentaux (4). D'autres forment une série d'îles comme le Japon et l'Indonésie. On les appelle des « arcs insulaires » (5). Avec le temps, les arcs insulaires finissent généralement par entrer en collision avec le continent.

Lorsque les plaques océaniques se referment, une collision entre deux continents survient inévitablement. Cette collision peut se comparer à celle entre deux autos. Sous l'impact, la carrosserie se déforme, se bosselle immédiatement. La différence, cependant, est que les roches volcaniques et les sédiments se déforment extrêmement lentement. Le choc de la

collision, loin d'être instantané, dure des millions d'années. C'est ce qui s'est passé entre l'Inde et l'Asie, il y a 53 millions d'années. Cette collision a donné naissance à la chaîne de montagnes l'Himalaya. Même aujourd'hui l'Inde se rapproche de l'Asie à la vitesse de 4 à 6 cm par année.

## Des plaques qui s'éloignent

Après toutes ces collisions, le cycle dit « orogénique » repart à zéro. La plaque continentale, devenue trop grosse, se casse et se morcelle. Certaines cassures ne font que s'entrouvrir et forment des zones de rifts (6) (grandes cassures le long desquelles la croûte s'effondre) comme les rifts le long du fleuve Saint-Laurent et de la vallée de l'Outaouais. D'autres s'ouvriraient pour constituer un océan. Du magma venant du manteau remplit alors le rift pour former un début de croûte océanique. Au fur et à mesure que du nouveau magma arrive à la surface et se solidifie, la croûte océanique s'agrandit et s'éloigne de la fissure. Des volcans font éruption sous la mer, des blocs se soulèvent. C'est ce qui a donné naissance aux plus longues chaînes de montagnes de la planète, les « dorsales » ou « rides océaniques » (7).

Par exemple, il y a 200 millions d'années, l'océan Atlantique n'existait même pas. Aujourd'hui, il continue de s'agrandir de quelques centimètres par an.

Sous l'eau, les océans ne sont pas tous pareils. Regardez attentivement la figure de la page 13. La dorsale de l'Atlantique sépare cet océan en deux et mesure plus de 2 200 km de longueur. L'océan Pacifique, par contre, a une dorsale très irrégulière et proche du continent américain.

## Des plaques qui se frottent

Quand deux plaques frottent l'une contre l'autre, le coulisage est intermittent et se fait par cassures. La région est donc secouée périodiquement par des tremblements de terre. La plus célèbre de ces failles est certainement celle de San Andreas qui sépare la péninsule de la Californie du continent nord-américain. Au rythme où elle bouge, la péninsule de la Californie rejoindra l'Alaska... dans quelques dizaines de millions d'années.



## Ces volcans qui crachent du feu et des pierres

De tout temps, l'être humain a été fasciné, terrorisé par les explosions volcaniques. Dans l'Antiquité, on croyait que les volcans représentaient les portes de l'enfer. On considère maintenant qu'ils sont plutôt des fenêtres sur l'intérieur de la Terre.

La roche fondue à l'intérieur de la Terre est moins dense que les roches qui l'entourent. Elle cherche donc à monter à la surface en se frayant un chemin à travers le manteau et la croûte terrestre. Elle s'écoule à la surface sous forme de lave ou est projetée dans les airs en cendres volcaniques. La lave se refroidit très rapidement, en l'espace de quelques jours, au contact de l'air et de l'eau. L'accumulation de lave durcie ou de cendres volcaniques forme des plateaux ou des reliefs coniques : les volcans.

Plus de la moitié des quelque 600 volcans actifs à la surface de la Terre sont situés le long de la Ceinture de feu du Pacifique.

### Les volcans des zones de subduction : des volcans explosifs

Les magmas qui construisent les volcans au-dessus des zones de subduction sont très visqueux et contiennent beaucoup d'eau. Les gaz ne peuvent pas s'échapper facilement tant que les magmas sont en profondeur. Mais dès que le magma approche de la surface, les gaz s'échappent, un peu comme quand on ouvre une cannette de boisson gazeuse bien brassée. Les éruptions sont alors violentes et explosives. Ces volcans, soit qu'ils se trouvent en marge du continent, comme le mont St. Helens sur la côte ouest des États-Unis, et forment les arcs continentaux, soit qu'ils forment des îles le long du continent, des arcs insulaires.

### Des volcans célèbres

- ❑ Le Vésuve, en Italie, a enseveli la ville de Pompéi sous 8 m de cendres en l'an 79 de notre ère. Ce volcan a été actif presque continuellement entre 1631 et 1944.
- ❑ L'éruption volcanique du mont St. Helens, dans l'ouest des États-Unis, le 18 mai 1980 a causé des dommages considérables. Elle a été précédée par des milliers de petits tremblements de terre. Les géologues ont ainsi pu prédire une éruption imminente et faire évacuer la zone entourant la montagne.
- ❑ L'île de Krakatoa, en Indonésie, a été presque détruite lors de la grande éruption volcanique de 1883. L'explosion, qui avait une force équivalente à celle de plusieurs bombes atomiques, a été entendue à plus de 5 000 km à la ronde.
- ❑ Un an après l'éruption du volcan Pinatubo, dans les Philippines, en 1991, cendres et poussières formaient encore une couche à une altitude de 200 à 270 km dans l'atmosphère. Cette couche absorbait partiellement les rayons solaires. Cela expliquerait peut-être l'été maussade de 1992.

### Les volcans des zones de rifts

Les dorsales océaniques sont de grandes cassures terrestres d'où s'échappe du magma. Quand cette lave arrive à la surface, elle a une température d'environ 1250 °C. L'Islande est une île volcanique le long de la dorsale océanique de l'Atlantique. On retrouve aussi des volcans dans les rifts continentaux, comme celui qui découpe l'Afrique de l'Est.

### Les volcans à l'intérieur des plaques océaniques ou continentales

Les îles d'Hawaï représentent les sommets d'une série de volcans à l'intérieur des plaques océaniques. Leur lave riche en fer et en magnésium est très

fluide et les gaz s'en échappent facilement. Arrivée à la surface, la lave s'écoule sans grande explosion.

### Quand l'eau de mer est chauffée par du magma

Lorsque des magmas s'infiltrent dans les roches des fonds sous-marins, ils chauffent l'eau de mer qui circule dans les fissures sous la surface. Cette eau chaude lessive alors les roches, c'est-à-dire qu'elle leur enlève certains éléments comme le sodium, le fer, le cuivre et l'or. Quand l'eau revient vers la surface, souvent le long des failles, elle se refroidit. Les métaux qu'elle transportait jusqu'alors en solution se déposent. Ces métaux s'accumulent et forment parfois de très gros gisements de cuivre et d'or.



Certaines roches volcaniques contiennent tellement de bulles d'air qu'elles sont très légères et flottent sur l'eau. Celle-ci provient du cratère Panum en Californie.



### Des risques et des bénéfices

Si les éruptions volcaniques peuvent causer des dommages considérables, elles ont aussi des effets bénéfiques :

- ⇒ En Islande, la chaleur des volcans est récupérée pour produire de l'électricité et les habitations sont chauffées grâce à l'eau souterraine.
- ⇒ Plusieurs gisements de cuivre et de zinc se sont formés dans des environnements volcaniques anciens, comme ceux de l'Abitibi, vieux de 2,7 milliards d'années environ.
- ⇒ On récupère des substances comme le soufre, l'alun qui est un sulfate d'aluminium dans les émissions gazeuses des volcans.
- ⇒ Une fois altérées, les roches ou cendres volcaniques donnent naissance à des sols très fertiles.
- ⇒ Selon les chercheurs, le volcanisme aurait accéléré la production de l'oxygène sur la Terre, précieux gaz qui a permis l'apparition de nouvelles formes de vie.



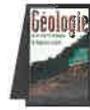
# Les roches, archives de la Terre

Les roches renferment des indices qui nous permettent de reconstituer l'histoire de la Terre.

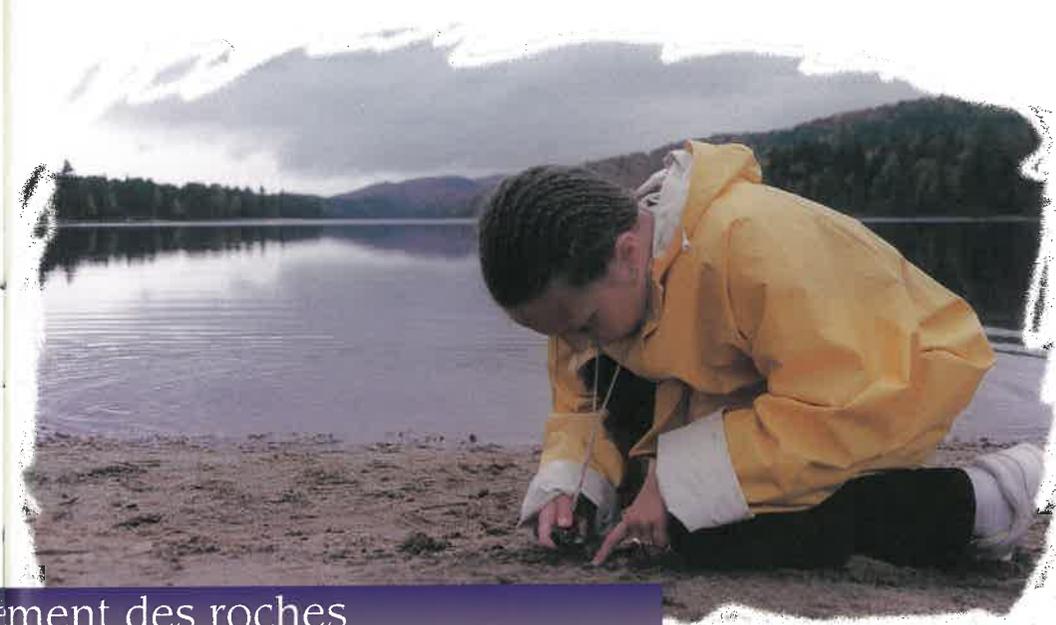


Selon leur mode de formation, on distingue trois grandes classes de roches. Ce sont les roches ignées, sédimentaires et métamorphiques. Une roche ignée, c'est du magma solidifié ; une roche sédimentaire, de la boue, du sable ou du gravier compactés et cimentés ; une roche métamorphique, une roche ignée ou sédimentaire qui a été enfouie à de grandes profondeurs et cuites à de hautes températures. Les roches métamorphiques peuvent être

plissées car elles sont généralement déformées. Pour classer les roches, il faut bien les observer : d'abord l'allure générale et la couleur, puis la grosseur du grain et la texture.



Pour en savoir plus sur les roches.



## Classement des roches

### Roche à grain moyen et grossier La grande majorité des grains mesurent plus de 0,5 mm

#### Texture et structure

|  |   |  |  |   |  |
|--|---|--|--|---|--|
| <p><b>La roche :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>est formée de grains arrondis</li> <li>peut montrer des couches de couleur ou de grosseur de grain différentes</li> </ul> <p><b>Roche sédimentaire</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>grès (grain de la grosseur du sable)</li> <li>conglomérat (grain très gros)</li> </ul> <p><b>Conglomérat</b></p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>est formée de fragments de fossiles</li> <li>bouillonne à l'acide ou au vinaigre</li> </ul> <p><b>Roche sédimentaire</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>calcaire</li> </ul> <p><b>Calcaire</b></p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>est composée de cristaux enchevêtrés</li> <li>bouillonne à l'acide ou au vinaigre</li> </ul> <p><b>Roche métamorphique</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>marbre (formé de calcite)</li> </ul> <p>N.B.: À Oka et à Saint-Honoré, on trouve des roches ignées très rares formées de carbonatés : des carbonatites</p> <p><b>Marbre</b></p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>est composée de cristaux enchevêtrés</li> </ul> <p><b>Roche ignée (intrusive)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>granite ou tonalite (rose à blanc)</li> <li>syénite ou monzonite (rose à gris, peu ou pas de quartz)</li> <li>anorthosite, gabbro (gris à noir)</li> <li>diorite (brunâtre)</li> <li>pyroxénite (vert foncé à noir)</li> </ul> <p><b>Monzonite</b></p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>montre des rubans foncés et clairs ou un alignement des minéraux foncés ou les deux, ou</li> <li>contient des minéraux qui se forment au cours du métamorphisme (grenat, sillimanite)</li> </ul> <p><b>Roche métamorphique</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>gneiss</li> </ul> <p><b>Gneiss</b></p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>est formée de grains de forme polygonale</li> <li>peut montrer un alignement des minéraux foncés</li> </ul> <p><b>Roche métamorphique</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>quartzite (formé de grain de quartz soudés ensemble)</li> <li>amphibolite (verte à noire)</li> <li>roche calco-silicatée (verte et blanche)</li> </ul> <p><b>Quartzite</b></p> |
|--|---|--|--|---|--|

### Roche à grain fin ou non visible à l'œil nu

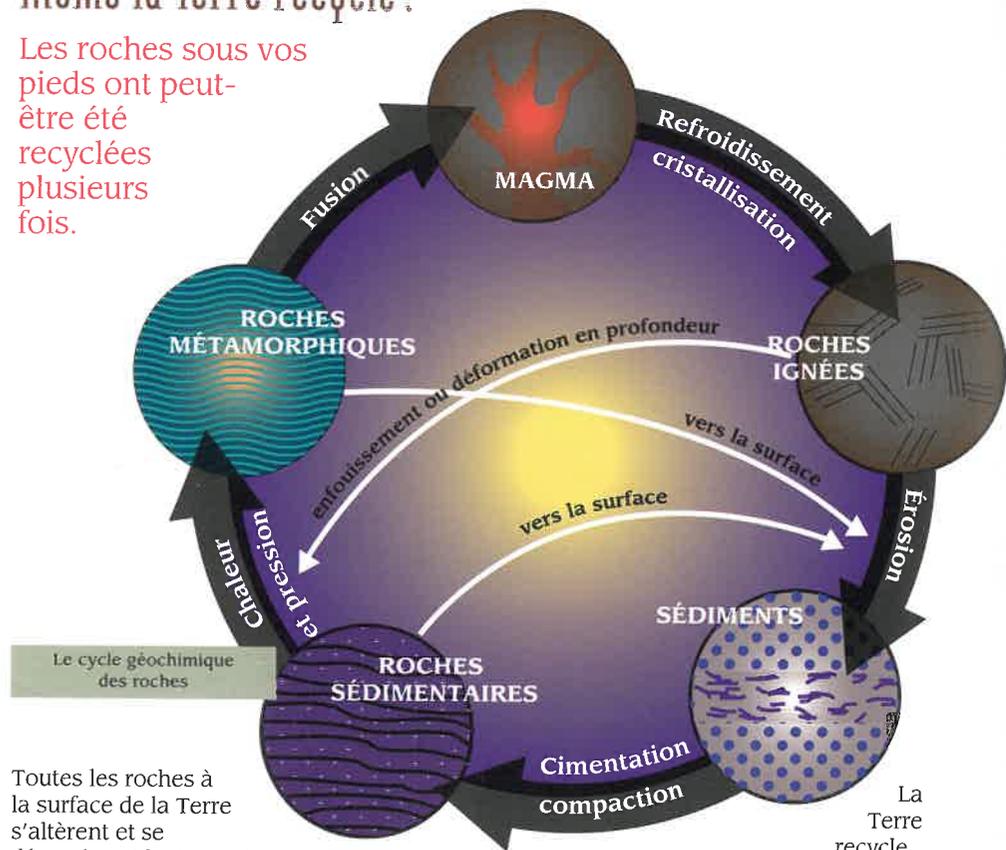
#### Texture et structure

|   |  |   |  |
|---|--|---|--|
| <p><b>La roche</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>peut contenir des fossiles (couleur grise à noire)</li> <li>bouillonne à l'acide ou au vinaigre</li> </ul> <p><b>Roche sédimentaire</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>calcaire</li> </ul> <p><b>Calcaire</b></p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>montre un aspect en couches</li> <li>peut contenir des fossiles</li> </ul> <p><b>Roche sédimentaire</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>shale</li> <li>mudstone</li> <li>siltstone (grain de la grosseur d'un sable très fin)</li> </ul> <p><b>Shale</b></p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>se brise en plaques minces</li> <li>montre des surfaces soyeuses</li> </ul> <p><b>Roche métamorphique</b></p> <p>(d'origine sédimentaire)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ardoise</li> <li>phyllade</li> <li>schiste</li> </ul> <p><b>Ardoise</b></p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>massive</li> <li>peut contenir de petits cristaux bien formés ou des cavités arrondies</li> </ul> <p><b>Roche ignée (extrusive)</b></p> <p>(roche volcanique)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>basalte (riche en fer et en magnésium)</li> <li>andésite</li> <li>rhyolite (riche en silice)</li> <li>obsidienne (verre volcanique)</li> </ul> <p><b>Basalte</b></p> |
|---|--|---|--|



# Même la Terre recycle !

Les roches sous vos pieds ont peut-être été recyclées plusieurs fois.



Toutes les roches à la surface de la Terre s'altèrent et se désagrègent lentement. Les particules ainsi générées sont transportées par l'eau, le vent, ou tout simplement par la gravité. Elles s'accumulent pour former des sédiments. Ceux-ci subiront de nombreux changements physiques et chimiques et deviendront, plus tard, des roches sédimentaires.

Si les roches sédimentaires sont ensevelies à de grandes profondeurs dans la croûte terrestre, elles seront transformées en roches métamorphiques. Si ces dernières sont soumises à de plus hautes températures, elles pourront fondre, former un magma qui cristallisera en roches ignées. Puis le cycle recommencera. Le cycle peut aussi être interrompu ou court-circuité comme l'indiquent les flèches à l'intérieur du diagramme ci-haut.

## Les roches sédimentaires : des sédiments compactés et cimentés et des précipités chimiques

Certaines roches sédimentaires, comme le calcaire, le sel et le chert, sont formées directement par la précipitation de minéraux à partir de l'eau de mer. Les calcaires peuvent aussi consister en fragments de fossiles cimentés les uns aux autres.

Au cours d'une vie humaine, les processus géologiques sont généralement imperceptibles. Mais sur des millions d'années, des chaînes de montagnes

peuvent être rasées par l'érosion. Des débris en quantité énorme sont alors transportés et déposés dans de nouveaux environnements sédimentaires. C'est ainsi que des débris de la chaîne de montagnes qui occupait autrefois le plateau des Laurentides se retrouvent aujourd'hui dans les roches des Appalaches.

## Pourquoi étudier les roches sédimentaires ?

Les roches sédimentaires sont un grand livre ouvert sur les environnements passés de notre planète. Elles nous permettent aussi de retracer l'évolution de la vie et de documenter les grands changements climatiques qu'a déjà connus la Terre. Elles peuvent renfermer des hydrocarbures, des métaux. Pour bien saisir leur potentiel, le géologue doit répondre à diverses questions. À l'origine, les sédiments se sont-ils déposés dans un delta, le long d'une plage ou dans les profondeurs de la mer ? Quelle était la composition de l'atmosphère et celle des océans à ce moment-là ? Que sait-on du climat d'alors : était-il aride, tropical ou polaire ? Pour ce faire, les géologues comparent les caractéristiques des roches sédimentaires à celles des sédiments déposés dans les environnements actuels.

On peut déterminer le milieu de dépôt à partir de divers indicateurs préservés dans la roche. La stratification ou le litage marque les dépôts successifs et donne un aspect en couches. Si les roches n'ont pas bougé depuis leur consolidation, les couches seront à peu près horizontales. Mais si elles ont subi des déformations, elles seront basculées ou plissées. À l'intérieur des couches, la grosseur et la nature du grain ainsi que les structures sédimentaires aident le géologue à reconnaître le milieu de dépôt. Par exemple, une roche sédimentaire formée de particules très

fines provient probablement d'un milieu calme, comme un lac ou les profondeurs de la mer.

## Les roches sédimentaires : bien utiles

- L'homme préhistorique a utilisé le silex, roche sédimentaire très dure, pour fabriquer ses outils.
- Les calcaires sont utilisés abondamment comme pierre de construction et dans la fabrication du ciment.
- Les grès très purs sont une source importante de pierre décorative et de silice. La silice est la matière première du verre, des puces d'ordinateur, de la fibre optique.
- C'est grâce aux fossiles contenus dans les roches sédimentaires que les chercheurs ont pu retracer l'évolution de la vie sur la Terre et donner un âge relatif aux roches.
- Le pétrole, le charbon et le gaz naturel, dont nous tirons énergie, combustible et nombre de matériaux synthétiques, proviennent des roches sédimentaires.
- Certains gisements de métaux usuels, tels que le plomb, le zinc et le cuivre, se trouvent très souvent dans des roches sédimentaires.

Il n'y a pas de roches sédimentaires dans la réserve car elles ont toutes été métamorphosées, mais on peut y voir beaucoup de sédiments, comme les sables et graviers du site 15.

On peut admirer de très belles falaises de calcaire plus au sud, le long de la rivière des Outaouais.



Notez les couches horizontales. Ces calcaires se sont déposés dans une mer peu profonde, il y a environ 500 millions d'années.

Photo : Denis Lavoie



Omble de fontaine

# Les roches ignées : du magma solidifié

Au cours d'éruptions volcaniques, on assiste à la formation quasi instantanée d'un grand type de roche : les roches ignées extrusives ou les roches volcaniques.

Les magmas qui forment les roches ignées sont tous générés à de grandes profondeurs dans la croûte terrestre et dans le manteau.

Certains montent jusqu'à la surface et se solidifient très vite en roches volcaniques. Celles-ci sont généralement à grain fin parce qu'elles se refroidissent et se solidifient rapidement au contact de l'air ou de l'eau.

D'autres magmas montent presque à la surface ; d'autres, enfin, montent un peu mais figent à de très grandes profondeurs. Comme il fait beaucoup plus chaud à l'intérieur de la croûte terrestre qu'à la surface, ces magmas prennent des milliers, voire des centaines de milliers d'années, à refroidir et à se solidifier. Les minéraux ont donc le temps de former de gros grains, bien visibles à l'œil nu, comme ceux de la monzonite des sites 5 et 16. Ce sont des roches ignées intrusives. Ces roches grenues sont exposées seulement après le soulèvement et l'érosion des roches qui les recouvrent.

On peut classer les roches ignées selon leur texture, la grosseur du grain, leur composition chimique, le pourcentage des différents minéraux et la composition des feldspaths.



Voici un gabbro, roche ignée riche en fer et en magnésium. Il est formé de petits bâtonnets de feldspath gris (plagioclase) et de minéraux foncés, des pyroxènes, qui ont cristallisé entre les feldspaths.

## Les Montréalaises : des magmas qui ont figé près de la surface

Ces collines étonnantes qui se dressent dans les basses terres du Saint-Laurent et les Appalaches ne sont pas d'anciens volcans. Elles étaient des réservoirs de magma qui ont cristallisé à moins de 3 km de la surface, il y a quelque 125 millions d'années. Ces magmas étaient alors entourés de roches sédimentaires comme celles qu'on trouve dans les carrières des basses terres. Certains de ces réservoirs ont alimenté des volcans aujourd'hui complètement érodés.

Les géologues interprètent leurs observations à l'aide de principes énoncés par les premiers géologues à la fin du 18<sup>e</sup> siècle. Ces principes sont simples mais fondamentaux.

### Le principe de la superposition des roches

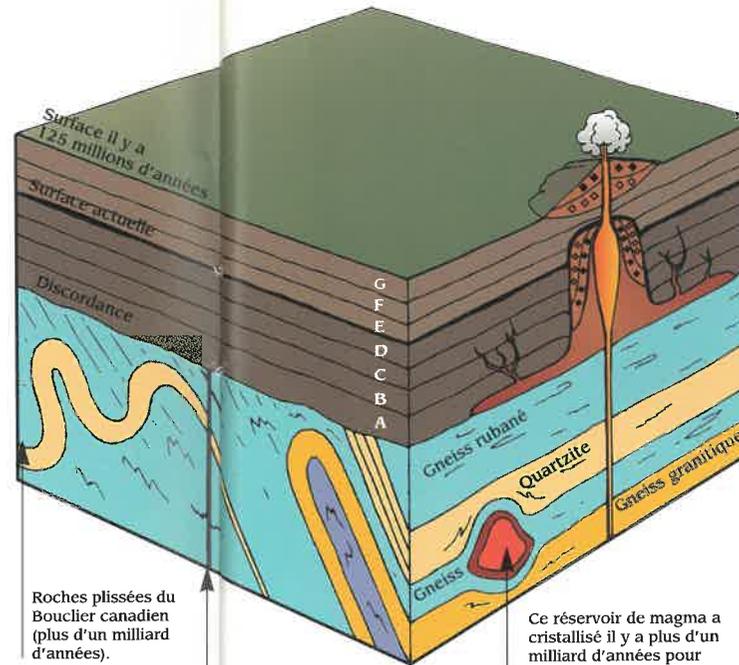
Dans une séquence de roches sédimentaires non déformées, les lits les plus vieux sont à la base et les plus jeunes au sommet.

### Le principe de recouplement

Une roche qui en recoupe une autre est plus jeune que la roche qu'elle recoupe. De même, une faille qui recoupe une roche est plus jeune que la roche qu'elle recoupe.

### Le principe d'inclusion

Si un fragment d'une roche A est inclus dans une roche B, B s'est formée après A.



Roches plissées du Bouclier canadien (plus d'un milliard d'années).

Dyke de plus de 550 millions d'années.

Ce réservoir de magma a cristallisé il y a plus d'un milliard d'années pour former un pluton.

Voyons comment ces principes nous aideront à comprendre les événements qui ont donné naissance à la séquence de roches représentées sur le bloc diagramme ci-haut.

- Il s'est écoulé plus de 500 millions d'années entre la formation des roches métamorphiques du Bouclier canadien et celle des roches sédimentaires des basses terres. La couche de sédiments A s'est déposée en premier, suivie des couches B à G. Ces sédiments ont été par la suite transformés en roches sédimentaires.
- Du magma s'est mis en place dans ces roches sédimentaires, il y a environ 125 millions d'années. Puis il s'est refroidi lentement.
- Après une longue période d'érosion, les couches E à G ont disparu. Comme les roches ignées étaient plus dures que les roches sédimentaires environnantes, elles ont mieux résisté à l'érosion et elles forment aujourd'hui des collines.

## Les roches ignées de la réserve : des magmas qui se sont solidifiés à de très grandes profondeurs



Regardez les masses roses sur la carte géologique. Elles représentent toutes des roches ignées intrusives. Elles sont beaucoup plus vieilles que les roches des collines montréalaises. Avez-vous remarqué que la forme de ces masses est soit arrondie, soit allongée ? Les masses rondes sont formées de gabbro comme au site 24. Les masses très allongées des sites 5, 6 et 11, par exemple, sont formées surtout de monzonite.

Dans le Circuit de la muraille et le Circuit du chevreuil, les monzonites forment de grands feuillets intercalés dans des roches métamorphiques fortement déformées. Les magmas qui ont formé ces roches se sont faulillés et ont été piégés dans des failles à plus de 20 km sous la surface, d'où la forme de feuillets.



Au lac Kar-Ha-Kon (site 24), on peut observer des bandes de gabbro gris intercalées avec des bandes noires très riches en magnétite. Ces bandes sont presque verticales. Elles sont recoupées par des filons gris de gabbro et de diorite. Cette intrusion est un ancien réservoir de magma qui a cristallisé lentement à grande profondeur. Pourquoi les bandes verticales ? Parce que la cristallisation s'est faite couche par couche le long des murs beaucoup plus froids que le magma. Pourquoi les filons ? Parce qu'il y avait périodiquement de nouvelles injections de magma dans le réservoir en partie cristallisé.



## Elle a échantillonné la croûte terrestre!

Pleins feux sur une roche ignée tout à fait spectaculaire, la brèche de Rivard, et ses souvenirs des profondeurs de la Terre.

Les forages les plus profonds n'échantillonnent que les douze premiers kilomètres de l'écorce terrestre. La géophysique n'en fournit qu'une vue indirecte. Le magma qui a formé la brèche de Rivard, lui, a rapporté des milliers d'échantillons du plus profond de la croûte terrestre et même du manteau supérieur. Cette brèche est formée de fragments dans une roche à grain plus fin (le magma solidifié). Grâce à ces fragments, les chercheurs peuvent étudier des zones généralement inaccessibles et, finalement, reconstituer la colonne de roches sous leurs pieds.

### Il casse tout sur son passage

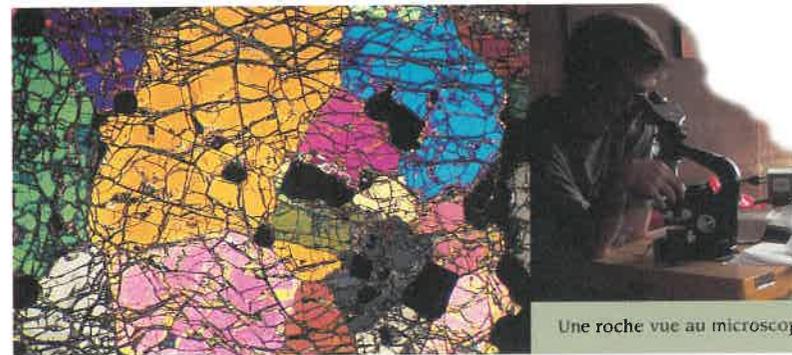
Le magma généré à de grandes profondeurs dans le manteau s'est frayé un chemin vers la surface, en créant son propre réseau de fractures. Il a monté rapidement à plus de 1 km/h (c'est très rapide pour du magma!). Ce faisant, il a arraché des fragments des roches qu'il a traversées et les a transportés avec lui. Le magma a monté si rapidement que les fragments n'ont pas eu le temps de caler. En refroidissant, le mélange de magma et de fragments s'est figé tel qu'on peut le voir aujourd'hui, un peu comme de la gélatine aux fruits. Il forme une étroite bande de couleur foncée dans des gneiss beiges: un filon ou un dyke.

Le magma qui cimente les fragments est riche en potassium. Le principal minéral contenant le potassium est la biotite, un mica qui forme de petites plaquettes noires et brillantes de 1 à 2 mm de longueur. À partir des fragments de la



brèche et de la géologie avoisinante, on peut retracer l'évolution de la chaîne de montagnes qui existait bien au-dessus de la brèche, il y a 1 080 millions d'années.

L'affleurement trouvé en 1991 (p. 7) mesurait environ 1 m x 1 m. Toute l'équipe s'est mise de la partie pour enlever, à la pelle, la couche de sable qui recouvrait le filon. Puis, une petite pelle mécanique a pris la relève. On peut maintenant suivre ce filon sur plus de 100 m. Il a ensuite été balayé, nettoyé. Puis, centimètre par centimètre, nous avons examiné les fragments et décrit plus de 1 500 d'entre eux. Nous en avons échantillonnés quelques centaines à l'aide d'une scie portative et broyé certains morceaux pour les analyser.



Une roche vue au microscope

L'étude des lames minces (taillées dans le reste), au microscope polarisant, nous a permis d'identifier les minéraux, d'établir leur proportion et de décrire leur texture.

Des résultats préliminaires indiquent que certains fragments proviennent de profondeurs d'environ 75 km où la température est de 1 050 °C. Cela nous donne une idée de la profondeur minimale du magma qui a transporté ces fragments.

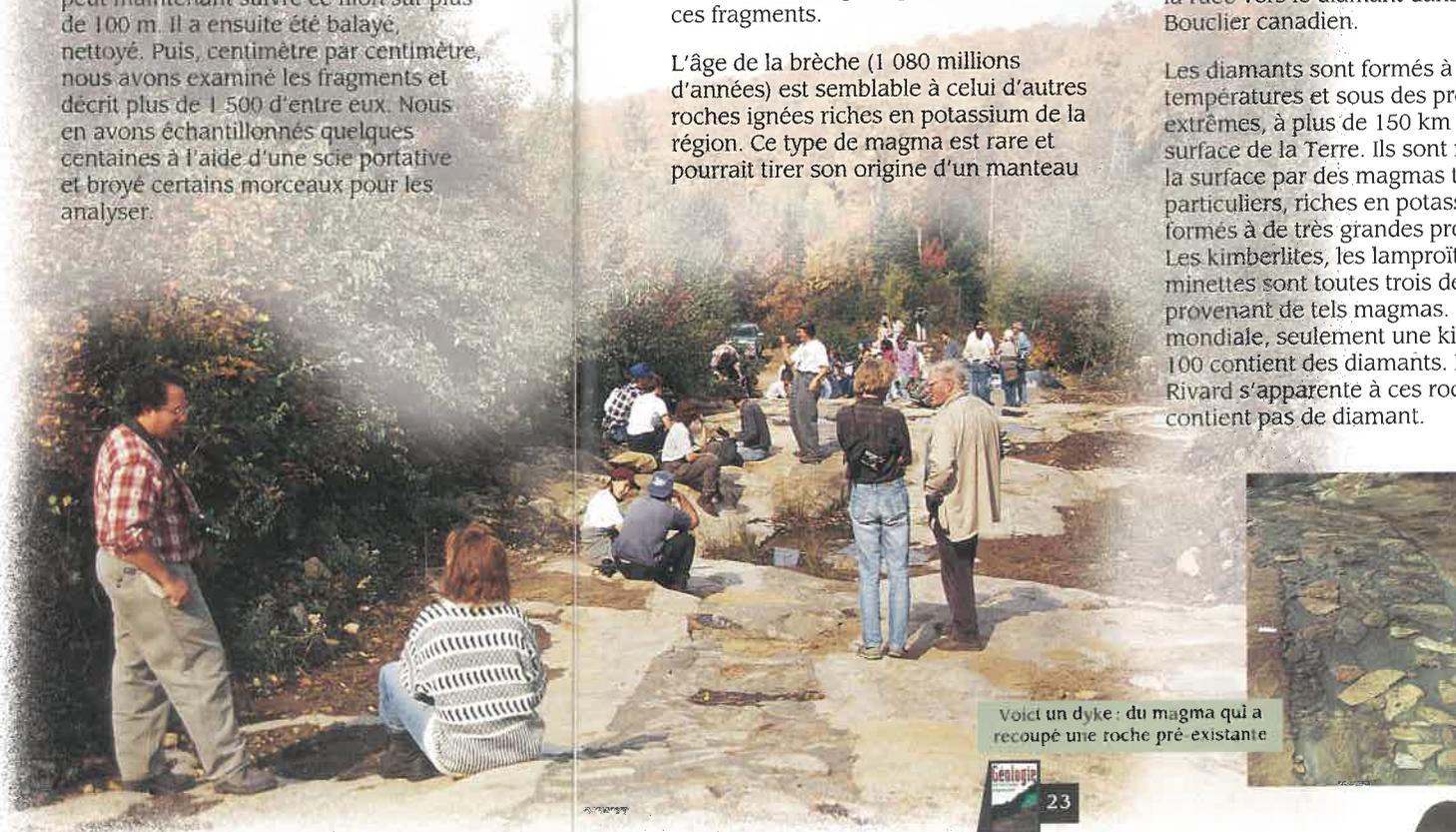
L'âge de la brèche (1 080 millions d'années) est semblable à celui d'autres roches ignées riches en potassium de la région. Ce type de magma est rare et pourrait tirer son origine d'un manteau

« bizarre » enrichi en potassium. Cet enrichissement est possiblement lié à une ancienne zone de subduction.

### Pourrait-il y avoir des diamants dans ce filon ?

On a longtemps cru que les roches du Bouclier canadien ne contenaient pas de diamant. Mais depuis la découverte de microdiamants dans une minette des Territoires du Nord-Ouest, en 1990, c'est la route vers le diamant dans tout le Bouclier canadien.

Les diamants sont formés à de hautes températures et sous des pressions extrêmes, à plus de 150 km sous la surface de la Terre. Ils 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 tels magmas. À l'échelle mondiale, seulement une kimberlite sur 100 contient des diamants. La brèche de Rivard s'apparente à ces roches mais ne contient pas de diamant.



Voici un dyke: du magma qui a recoupé une roche pré-existante



## Rescapées des profondeurs

Les roches métamorphiques sont des roches ignées ou sédimentaires qui ont été transformées sous l'effet de la chaleur et de la pression, par exemple lors de la formation de grandes chaînes de montagnes.

### Le métamorphisme : la cuisson des roches

Quand une roche est soumise à des conditions de température et de pression différentes (généralement plus fortes) de celles auxquelles elle a été formée, elle devient instable. De nouveaux minéraux se forment. De nouvelles textures aussi. Les minéraux recristallisent; ceux qui se présentent en feuillets ou en bâtonnets s'alignent pour résister à la pression. Cet alignement des minéraux donne un aspect rubané ou zébré à la roche. C'est la foliation.

On peut comparer le métamorphisme à la cuisson des aliments. La plupart des recettes nécessitent un liquide pour faciliter la cuisson. Il faut aussi régler le fourneau à une certaine température pour réussir la recette. La chaleur brise les liens entre les molécules et accélère les réactions chimiques. À l'intérieur de la Terre, la chaleur augmente à mesure que la profondeur s'accroît. Elle peut aussi être fournie par l'intrusion de grandes masses de magma. Les roches se transforment graduellement à des températures allant de 250 °C à 950 °C. Les fluides (eau, gaz carbonique) proviennent de l'eau des pores des roches, de la transformation des minéraux hydratés comme le mica, ou même de l'océan.

Dans la nature, on peut observer toutes les progressions d'une roche sédimentaire argileuse qui devient une ardoise légèrement métamorphisée, puis un schiste et enfin un gneiss. Ce dernier se développe au cours d'un métamorphisme intense comme celui qu'ont connu les roches de la réserve.



Un gneiss

Le gneiss a un aspect rubané, résultant de l'alternance de bandes foncées et de bandes claires.

Le calcaire se transforme en marbre, une roche formée essentiellement de calcite. Le chert et les grès riches en quartz deviennent des quartzites, une roche formée de grains de quartz. Comme la calcite a la forme d'un carré aligné et le quartz, une forme trapue, ces roches ne montrent pas d'alignement marqué des minéraux.

### Les minéraux : des thermomètres et des baromètres

Les processus métamorphiques se produisent à de grandes profondeurs dans la croûte terrestre; on ne peut donc pas les observer. On étudie toutefois en laboratoire comment différents assemblages de minéraux réagissent à des changements de température et de pression. Par la suite, on peut appliquer ces connaissances aux roches pour déterminer à quelle profondeur elles ont été enfouies. Certains assemblages de minéraux sont de bons indicateurs des conditions de métamorphisme. De plus, certains minéraux changent de composition à mesure que la pression ou la température augmente.

Les roches de la réserve ont subi un métamorphisme très intense.

La présence de cordiérite, d'orthopyroxène et de grenat dans une même roche et la composition respective de ces minéraux indiquent des températures extrêmes, jusqu'à 950 °C. Les minéraux métamorphiques des sites 21 et 22 reflètent un enfouissement sous 30 km de roches.

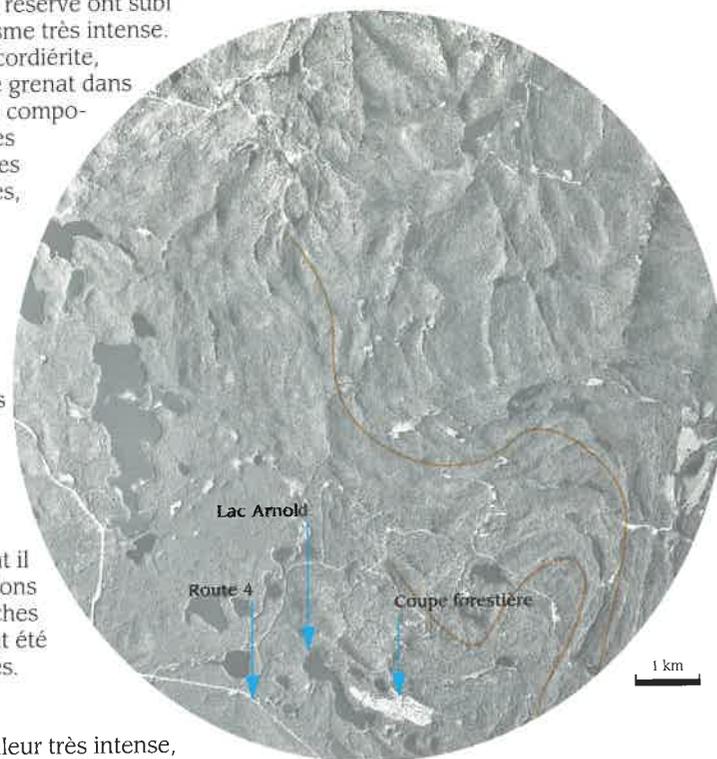
Les gneiss granitiques des monts Devlin et Bondy proviennent initialement de la cristallisation de magmas qui se sont insérés tranquillement il y a plus de 1 240 millions d'années dans les roches déjà existantes. Ils ont été depuis métamorphisés.

### La zone grise

Sous l'effet d'une chaleur très intense, la roche peut commencer à fondre. Le matériel fondu s'accumule en amas ou en bandes claires parallèles à la foliation. Quand une roche contient une partie importante de roche fondue, c'est une migmatite, une roche à la fois métamorphique et ignée.



Une migmatite



### Métamorphisme et déformation vont souvent de pair

Les terrains métamorphiques sont aussi très déformés. On peut souvent déceler de grandes structures régionales dans les roches, comme le pli que nous pouvons voir dans la photo aérienne ci-dessus. Ce superbe exemple provient de la région à l'est de l'Entrée du Sourd. Sur le terrain, l'orientation des couches et l'alignement des minéraux dans les roches suivent bien le pli délimité par la photo aérienne. Les plis se répètent jusqu'à l'échelle de l'affleurement et même des lames minces.



Marbre et roche calcosilicatée plissés



# Roche ou minéral ?

Minéraux qui brillent, minéraux de toutes les couleurs, minéraux aux formes étonnantes. Roches dures, roches qui s'effritent, roches au passé mouvementé. Mais au fait, quelles différences y a-t-il entre les roches et les minéraux ? Et comment peut-on les reconnaître ?

## Une roche, c'est un agrégat, un mélange ou un assemblage de minéraux

Voici une roche formée de trois minéraux : le feldspath rose, le quartz et le mica. C'est une pegmatite, roche ignée caractérisée par un très gros grain. Ce type de roche forme de petits filons ou des amas qui recoupent les autres types de roche de la réserve. Il y a de bonnes chances que vous en aperceviez au cours de votre visite.

### Les minéraux : les blocs de construction des roches

Un minéral, c'est un solide ; le pétrole n'est donc pas un minéral.

Un minéral est naturel ; les diamants synthétiques ne sont pas à proprement parler des minéraux.

Un minéral est inorganique ; le sucre n'est pas un minéral, le charbon non plus.

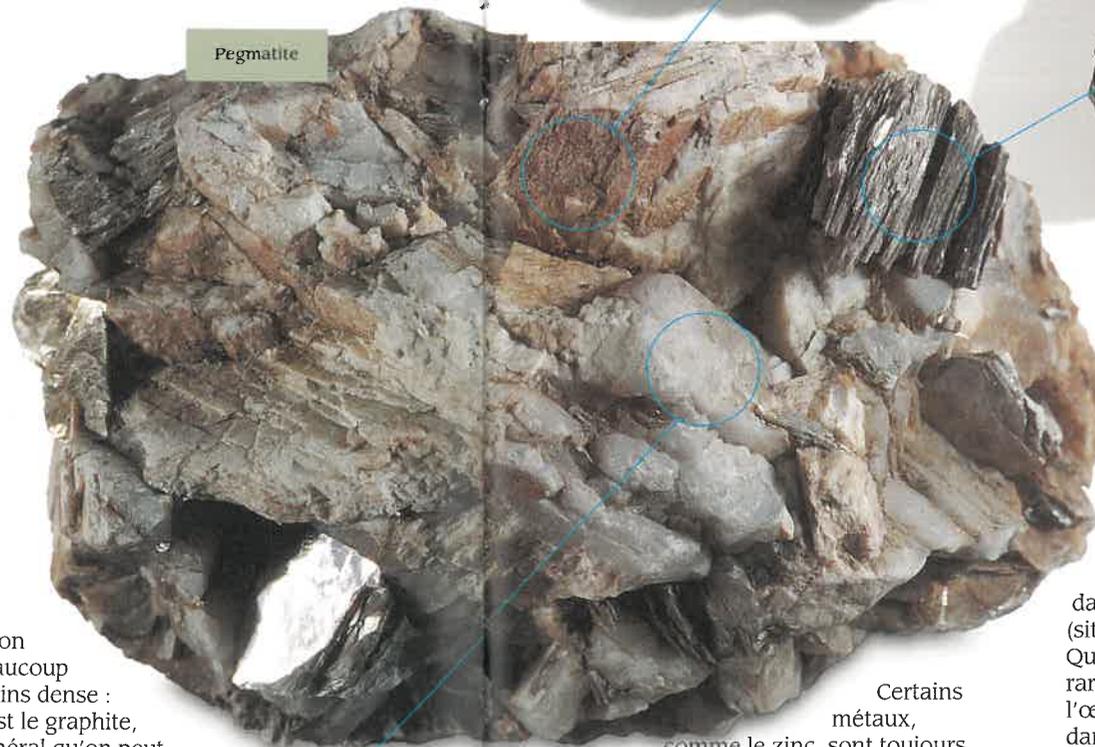
Un minéral est formé d'un ou de plusieurs éléments chimiques.

Par exemple, le quartz, c'est du silicium combiné à de l'oxygène. Mais pas n'importe comment. Chaque atome de silicium se combine avec deux atomes d'oxygène. Parfois, la façon dont les éléments sont attachés entre eux fait toute la différence. Prenons l'exemple du carbone. À de très hautes pressions, les atomes de carbone forment une structure très compacte : c'est le diamant, le minéral le plus dur qui soit. À des pressions moins élevées, les atomes de carbone se groupent d'une

façon beaucoup moins dense : c'est le graphite, minéral qu'on peut rayer avec l'ongle, qu'on trouve en

abondance dans les roches de l'Outaouais et qui est bon marché.

L'or est rarement combiné à d'autres éléments dans la nature ; on parle d'or natif. Le cuivre peut être natif ou combiné à de l'oxygène ou du soufre.



Certains métaux, comme le zinc, sont toujours combinés à d'autres éléments.

### Du plus commun au plus rare

À ce jour, plus de 3 600 minéraux différents sont connus. Chaque année, on découvre de 30 à 40 nouveaux minéraux. Certains d'entre eux sont très rares et n'ont été trouvés qu'en un seul endroit au monde. C'est le cas de la moydite, trouvée près de Wakefield, et nommée en l'honneur de Louis Moyd, minéralogiste de renom et conservateur émérite au Musée canadien de la nature.



Les cristaux verdâtres sont de la kornéropine, un minéral très rare qui peut être une pierre gemme. On en a trouvé à seulement 40 endroits dans le monde. Au cours de nos travaux, nous en avons découvert deux nouveaux sites : l'un au nord du lac Rivard et l'autre au site 1654 (p. 7).



Ça brille !  
Est-ce que c'est de l'or ?

Comme le dit le proverbe: Tout ce qui brille n'est pas or. Ce qu'a trouvé Titanite, c'est probablement de la pyrite de fer ou de la pyrrotine, des sulfures qu'on appelle aussi l'« or des fous ». Ces minéraux s'oxydent facilement au contact de l'air et de l'eau, ce qui donne la couleur rouille à plusieurs affleurements de la réserve. Ce pourrait aussi être de la chalcopryrite, un sulfure de cuivre qu'on a trouvé dans la réserve (site 1659, p. 7). Quant à l'or, il est rarement visible à l'œil nu, même dans les mines d'or.



# Minéral, minéral, dis-moi qui tu es

À l'aide de notre grille, vous pouvez identifier quelques-uns des minéraux les plus usuels. Mais d'abord, quelles sont les propriétés qui nous permettent d'identifier les minéraux ?

## L'éclat

C'est l'aspect qu'offre la surface des minéraux à la lumière du jour. Les minéraux métalliques brillent comme du métal parce qu'ils réfléchissent presque totalement la lumière. Ils peuvent être très brillants, comme une feuille de papier d'aluminium, ou un peu moins, comme une tige de fer. Ils sont tous foncés. Les minéraux non métalliques, eux, peuvent être de toutes les couleurs, leur aspect peut être vitreux, transparent, satiné ou gras.

## La dureté

La dureté mesure la difficulté à rayer un minéral. Plus les liens entre les atomes sont forts, plus le minéral est dur. Certains minéraux sont si tendres qu'on peut les rayer avec l'ongle. C'est le cas du graphite (sites 2 et 20). D'autres sont si durs qu'on n'arrive même pas à les marquer avec une lame de canif ou un clou. Pour évaluer la dureté, il faut peser très fort avec le clou ou la lame de canif et essayer de faire un trait continu.

## La couleur

Elle n'est caractéristique que pour certains minéraux, comme les micas et les minéraux métalliques. Un grand nombre de minéraux se trouvent sous différentes couleurs. La couleur varie selon la composition chimique ou la présence d'inclusions ou d'impuretés. On ne peut donc généralement pas s'y fier. Par exemple, le quartz peut être incolore, blanc, mauve, jaune, gris et noir.

## La couleur du trait

La couleur de la poudre d'un minéral est généralement beaucoup plus fiable que celle du minéral lui-même. On l'obtient en frottant le minéral sur une plaque de porcelaine (ou une surface dure telle qu'une tuile ou une assiette de terre cuite à surface lisse non glacée). Par exemple, l'hématite peut être brune, rouge ou gris argent mais son trait est toujours brun rougeâtre. Le trait peut aussi nous aider à distinguer les minéraux métalliques des minéraux non métalliques. Les minéraux métalliques présentent des traits foncés et les minéraux non métalliques des traits blancs ou pâles.

## Le clivage

Certains minéraux se brisent le long d'un ou de plusieurs plans pour donner de belles surfaces lisses, qu'on appelle « clivages ». Ceux-ci reflètent des plans de faiblesse dans la structure cristalline, c'est-à-dire l'organisation des atomes. Le quartz n'a pas de clivage, le mica a un clivage parfait, le feldspath en a deux et la calcite, trois.

## Le magnétisme

Quelques minéraux, comme la magnétite, sont attirés par l'aimant.

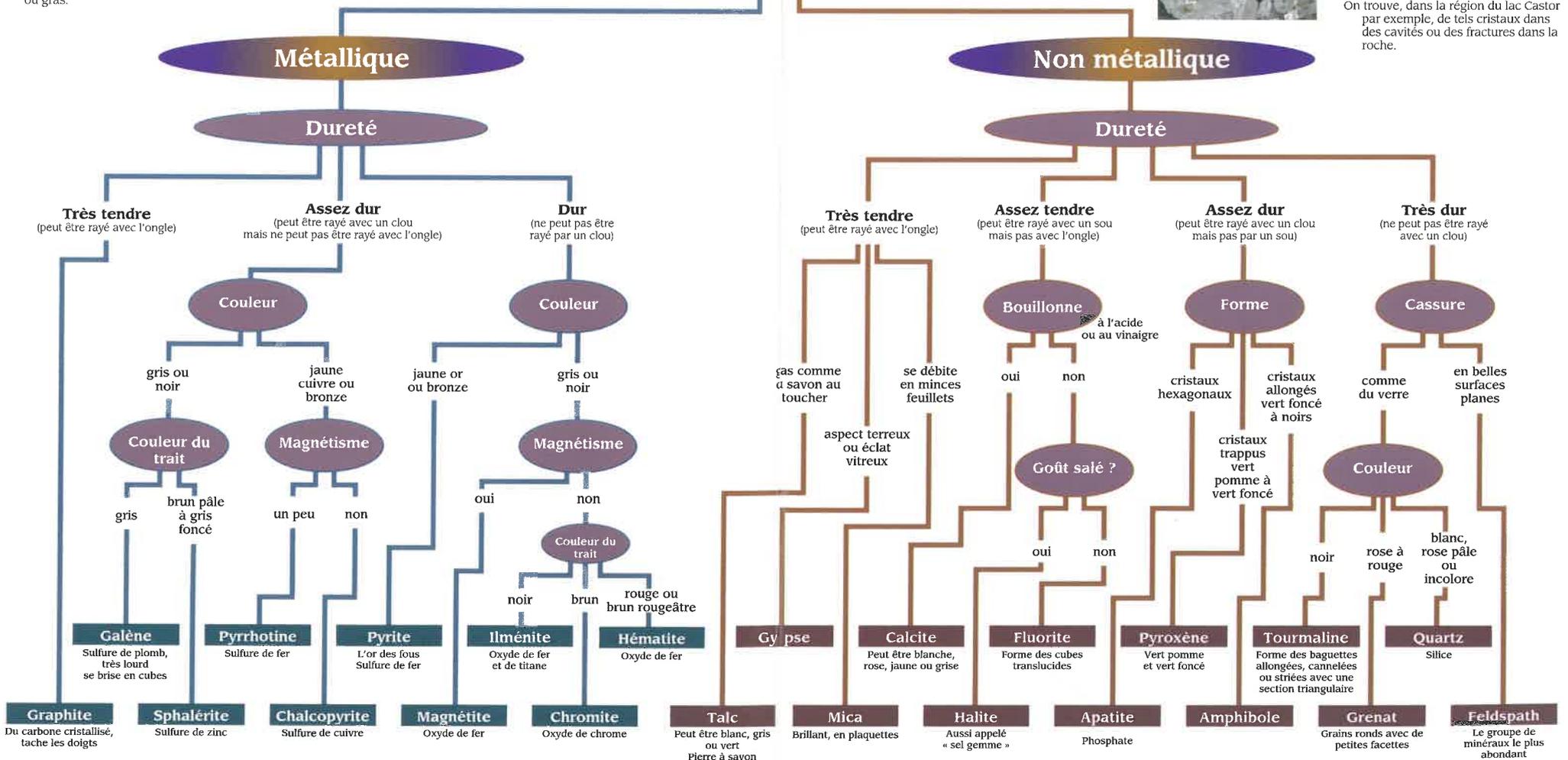
## La forme cristalline

Ces cristaux de quartz n'ont pas été taillés. Ils présentent des surfaces lisses et planes qui reflètent leur structure interne. La forme cristalline est très utile pour identifier les minéraux.

On trouve, dans la région du lac Castor par exemple, de tels cristaux dans des cavités ou des fractures dans la roche.



# ÉCLAT



Il peut être très difficile, voire même impossible, d'évaluer les propriétés des minéraux lorsqu'ils se présentent en grains très fins. Leur identification requiert alors des techniques de détection plus poussées.



# Comment détermine-t-on l'âge d'une roche ?

Par ses minéraux ! Les géologues ont d'abord utilisé les fossiles pour donner un âge relatif aux roches. Grâce à la découverte de la radioactivité et aux progrès technologiques, il est maintenant possible de dater les roches de façon absolue.

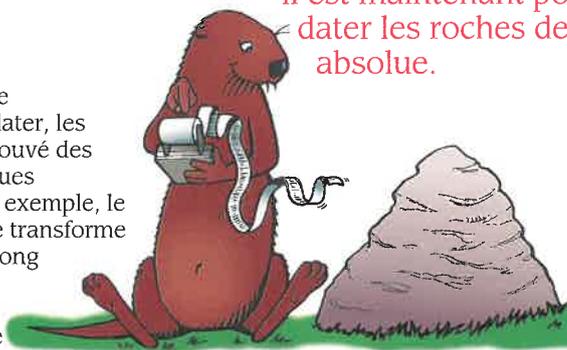
Pour chaque type d'événement à dater, les géologues ont trouvé des horloges atomiques appropriées. Par exemple, le potassium qui se transforme en argon en dit long sur le métamorphisme.

L'uranium qui se désintègre en thorium nous renseigne sur les événements beaucoup plus près de nous. Le carbone permet de dater des organismes plus jeunes que 70 000 ans, comme les coquillages ou les mammifères qui vivaient dans la Mer de Champlain, il y a environ 10 000 ans.

## Ces minéraux « horloges »

Certains minéraux, tels le zircon, la monazite et la titanite piègent de l'uranium, et presque pas de plomb, dans leur structure cristalline au moment de leur formation. Comme l'uranium se désintègre lentement en plomb et que la vitesse de cette désintégration est connue, nous pouvons mesurer le contenu en uranium (qui reste) et en plomb (qui s'est ajouté). Et de là, on calcule l'âge de la roche au million d'années près.

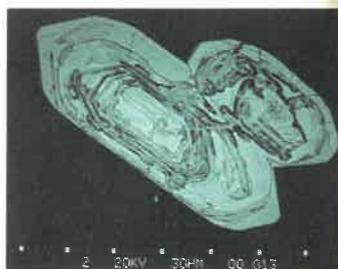
Le zircon est le minéral le plus utilisé pour dater les roches ignées et les roches métamorphiques comme celles de la réserve. Il est présent en petites quantités dans la plupart des roches et il demeure très stable au cours des processus géologiques.



Dater une roche

Pour dater les roches, il faut des laboratoires spécialisés comme ceux de la Commission géologique du Canada, du Musée royal de l'Ontario et du GEOTOP, à l'UQAM.

À partir d'un gros seau de roche d'environ 50 kg, il faudra récupérer une dizaine de grains de zircon de la grosseur de grains de sable. Pour en arriver là, il faut de nombreuses étapes : concassage, broyage, tamisage, concentration des minéraux lourds puis séparation des zircons. Finalement les zircons sont examinés au microscope et triés un par un.



On sélectionne des grains sains pour s'assurer que le plomb formé ne s'est pas échappé du minéral. Puis, on dissout les grains dans des laboratoires propres, propres, propres. Saviez-vous que les quantités de plomb aux abords d'une autoroute sont beaucoup plus élevées que celles mesurées dans notre échantillon ? Les chercheurs doivent donc éviter à tout prix que l'échantillon soit contaminé. Finalement, on mesure les quantités d'uranium, de thorium et de plomb contenues dans ces zircons avec un spectromètre de masse.

Les percées en géochronologie dépendent du raffinement des méthodes d'analyse. Ainsi pour pouvoir analyser les zircons qui ont enregistré plusieurs événements géologiques successifs, des chercheurs ont mis au point un nouvel appareil : une microsonde à rayon ionique. Celle-ci permet de faire des dizaines d'analyses sur un même grain et de dater différents événements enregistrés par un seul zircon.

Le Canada a maintenant sa propre sonde ionique. Elle est aux laboratoires de la Commission géologique du Canada.

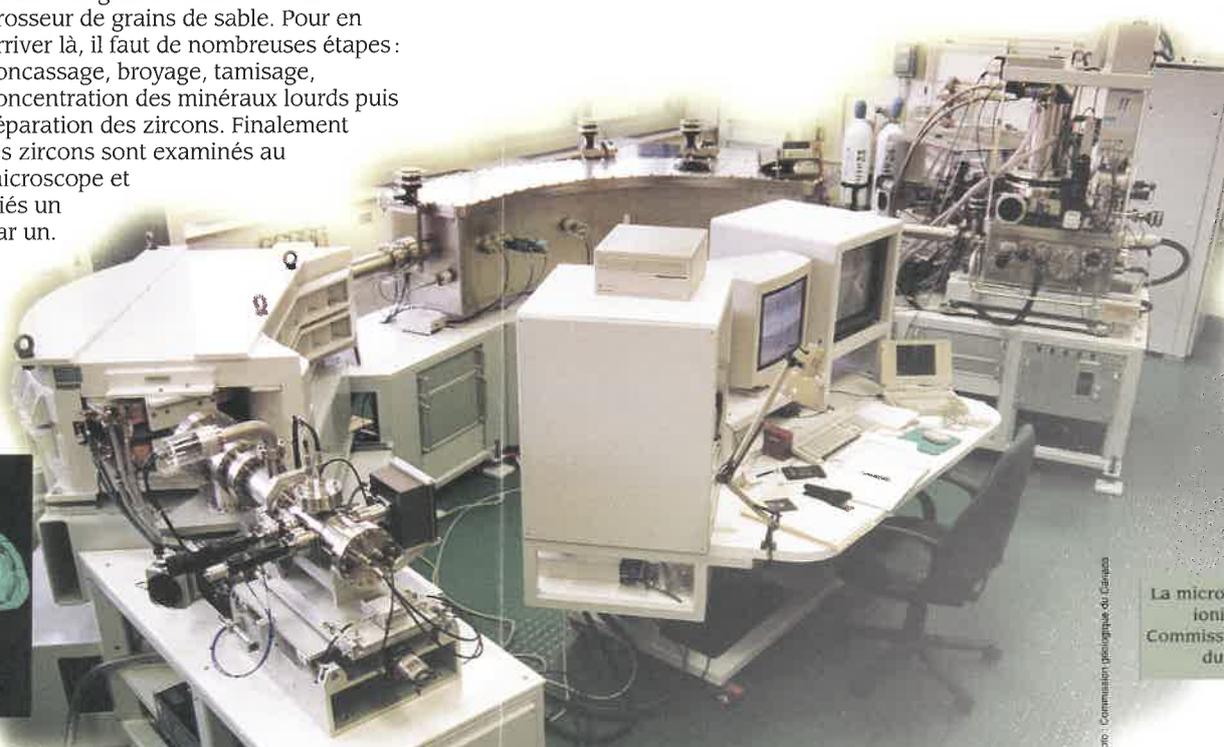


Photo : Commission géologique du Canada

La microsonde à rayon ionique de la Commission géologique du Canada



Raton laveur

## Les dates obtenues sur les roches de la région

À partir des observations de terrain, nous savions que la tonalite était la roche ignée la plus vieille de la région mais nous ignorions son âge. Comme les filons associés aux monzonites et aux gabbros recoupe la tonalite, nous savions qu'ils sont plus jeunes mais nous ne pouvions pas dire si c'était de 1, 10 ou 100 millions d'années.

Tonalite  $\rightarrow$  1 240 millions d'années environ

Monzonites et gabbros  $\rightarrow$  1 167 à 1 164 millions d'années (5 dates mesurées à  $\pm 2$  millions d'années chacune)

Syenites et diorites riches en biotite  $\rightarrow$  1 083 à 1 076 millions d'années (3 dates mesurées à  $\pm 2$  millions d'années chacune)

Brèche de Rivard  $\rightarrow$  1 072 millions d'années ( $\pm 12$  millions)

Granite de Guénette  $\rightarrow$  environ 1 060 millions d'années

## Quelques définitions

**Désintégration** : transformation d'un noyau atomique ou d'une particule en un autre noyau ou une autre particule.

**Géochronologie** : branche de la géologie qui détermine l'âge des roches afin de dater les différents événements qui ont marqué la Terre.

**Isotopes** : variétés d'un même élément chimique qui ont les mêmes propriétés chimiques, mais des masses différentes.

**Radioactivité** : propriété qu'ont certains atomes de se désintégrer de façon spontanée en émettant de l'énergie.

**Spectromètre de masse** : appareil servant à séparer les atomes d'un ou de plusieurs éléments selon leur masse.

# L'Outaouais vue d'un satellite

Les géologues étudient les roches et les minéraux à la loupe et au microscope. Mais quand ils veulent avoir une vue globale de la géologie d'une région, ils consultent des images satellitaires.

En 1987, de 705 km du haut des airs, le satellite Landsat nous a transmis des images de la région de l'Outaouais. Ces images nous permettent de voir le relief, les types de roches, les dépôts de sable et de gravier et le type de végétation. Elles sont des outils puissants pour mieux comprendre la géologie d'une région. Le Canada a lancé son propre satellite, Radarsat, en décembre 1995. Celui-ci nous transmet tous les jours des images très précises des structures géologiques, du degré d'humidité des sols, du mouvement des glaces dans les océans l'hiver, etc.



L'Outaouais est formée d'une grande variété de roches qui ont chacune des façons bien à elles de s'éroder et de se fracturer. À partir d'une vue du ciel en noir et blanc, d'ouest en est, on observe :

- Une bande nord-sud composée de masses très claires, homogènes, à l'ouest du réservoir Baskatong. Elle correspond à des zones de gneiss (gA)\*.

- Une bande gris foncé de part et d'autre de la rivière Gatineau, qui s'étend du réservoir Baskatong jusqu'à Hull. Elle est dominée par des marbres (mM).

- Une zone qui comprend des masses claires, les gneiss (mG), et partout autour des lacs des zones noires qui correspondent à des marbres (mM).

- Une zone formée de masses claires, les gneiss, et de masses grises un peu plus foncées formées de rubans. C'est une zone riche en gneiss (mG) et en quartzite (mQ).

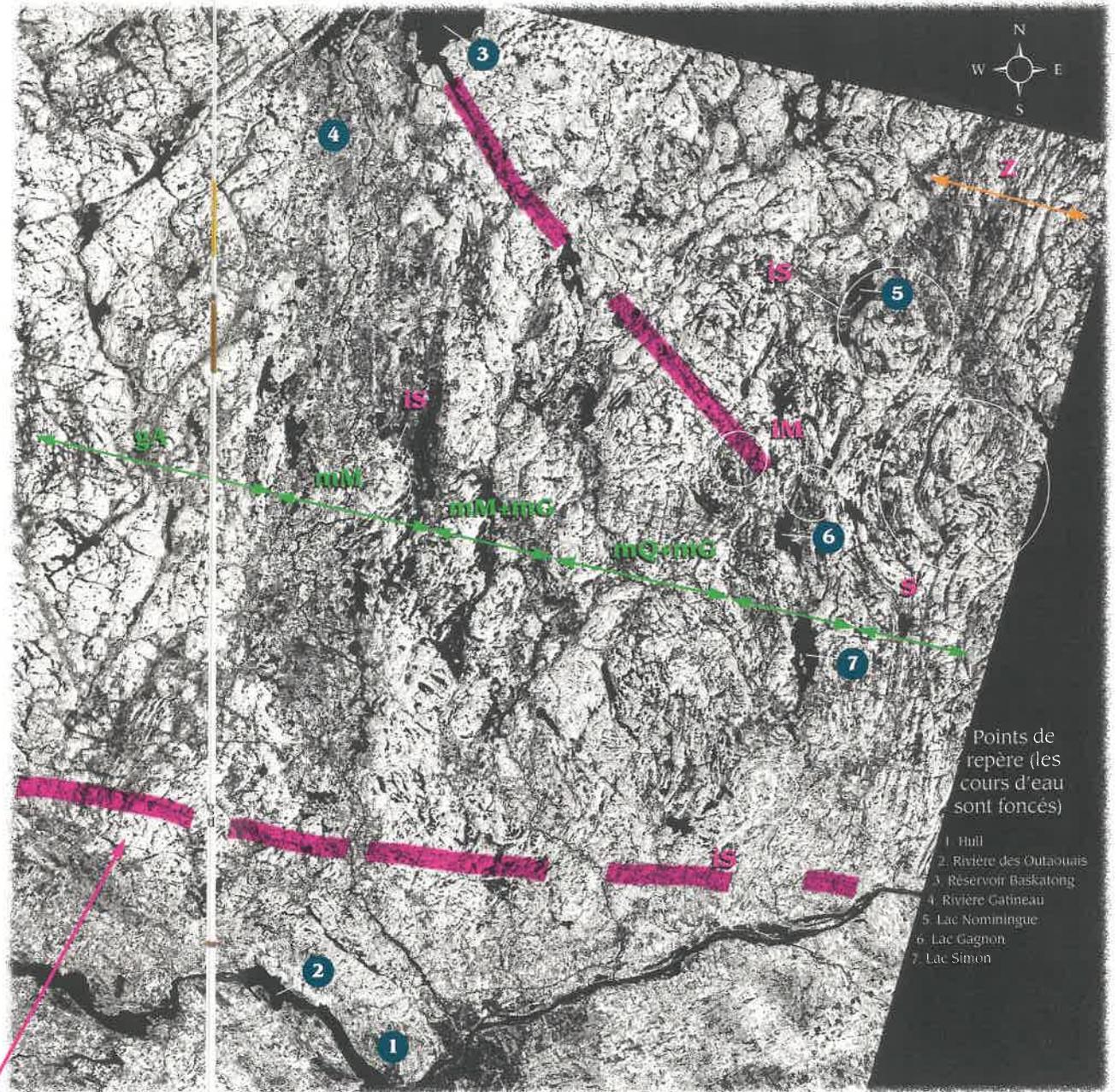
- La zone qui renferme les lacs Nominigüe, Gagnon et Simon correspond à la zone de déformation visible dans le Circuit du chevreuil. Celle-ci est soulignée par des lacs allongés. Elle comprend une série de masses noirâtres qui représentent des monzonites (iM).

- Une série de sillons (Z) très prononcés orientés nord-sud qui ressemblent à de grandes cicatrices. Ces sillons dessinent un grand pli en S (S).

- On peut observer ici et là des masses bien circulaires, entourées d'anneaux. Ce sont des plutons de syénite et de diorite (iS), entourés de gneiss.

- Les fines lignes orientées est-ouest ou nord-ouest – sud-est représentent de grandes cassures à l'échelle de la région. Certaines d'entre elles ont influencé le cours de la rivière des Outaouais. Nous en avons signalé quelques-unes mais il y en a beaucoup d'autres.

\* On utilise souvent des symboles comme gA, mM, mG, mQ, iS, iM pour représenter les divers types de roches dans les cartes géologiques. Voir la carte et les croquis des pages 38, 40 et 41.



Points de repère (les cours d'eau sont foncés)

1. Hull
2. Rivière des Outaouais
3. Réservoir Baskatong
4. Rivière Gatineau
5. Lac Nominigüe
6. Lac Gagnon
7. Lac Simon

Image satellitaire Landsat : Centre canadien de télédétection

10 0 10 km

L'Outaouais en une seule image



Porc-épic

# Une étape dans la construction du continent nord-américain

**Vous admirez le paysage : les collines arrondies, les lacs paisibles. Imaginez! Il y a environ un milliard d'années, il y avait au moins 25 km de roches au-dessus de l'endroit où vous vous trouvez.**

En effet, une immense chaîne de montagnes longeait alors la marge est de toute l'Amérique du Nord. Avec le temps, cette chaîne a été rasée par l'érosion. Il ne reste que ses racines très profondes : les roches fortement déformées et plissées de la Province géologique de Grenville.

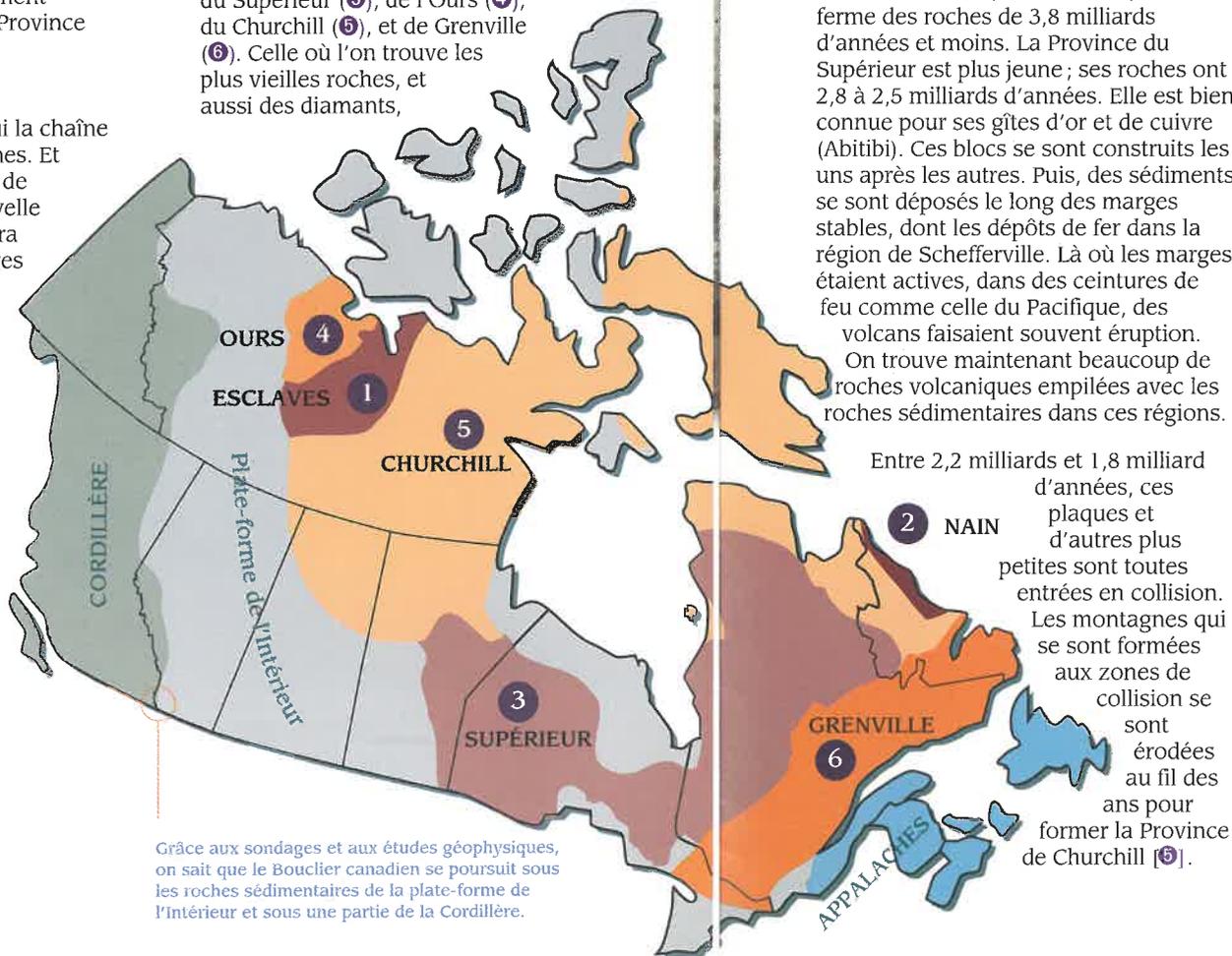
## Étape par étape

Au sud-est, il y a aujourd'hui la chaîne de montagnes des Appalaches. Et qui sait, dans des centaines de millions d'années, une nouvelle chaîne de montagnes viendra peut-être flanquer les vestiges des Appalaches. Bien qu'il nous semble immuable, notre continent ne cesse de s'agrandir depuis plus de quatre milliards d'années. Il se construit morceau par morceau au gré de la tectonique des plaques (ouverture et fermeture des océans, collision des continents). De chaque collision naissent des chaînes de montagnes. Avec le temps, les plus vieilles chaînes s'érodent. Il n'en reste que des témoins, des entités géologiques distinctes qu'on nomme « provinces géologiques ».



## Le Bouclier canadien

Le Bouclier canadien comprend six grandes provinces géologiques : les provinces des Esclaves (1), du Nain (2), du Supérieur (3), de l'Ours (4), du Churchill (5), et de Grenville (6). Celle où l'on trouve les plus vieilles roches, et aussi des diamants,



Grâce aux sondages et aux études géophysiques, on sait que le Bouclier canadien se poursuit sous les roches sédimentaires de la plate-forme de l'intérieur et sous une partie de la Cordillère.

est la Province des

Esclaves. Elle renferme des roches datées à 4,0 milliards d'années. La Province du Nain, au Labrador, renferme des roches de 3,8 milliards d'années et moins. La Province du Supérieur est plus jeune ; ses roches ont 2,8 à 2,5 milliards d'années. Elle est bien connue pour ses gîtes d'or et de cuivre (Abitibi). Ces blocs se sont construits les uns après les autres. Puis, des sédiments se sont déposés le long des marges stables, dont les dépôts de fer dans la région de Schefferville. Là où les marges étaient actives, dans des ceintures de feu comme celle du Pacifique, des volcans faisaient souvent éruption. On trouve maintenant beaucoup de roches volcaniques empilées avec les roches sédimentaires dans ces régions.

Entre 2,2 milliards et 1,8 milliard d'années, ces plaques et d'autres plus petites sont toutes entrées en collision. Les montagnes qui se sont formées aux zones de collision se sont érodées au fil des ans pour former la Province de Churchill [5].

Après cette période, le noyau de l'Amérique du Nord s'est comporté comme un bloc assez stable, un craton. Il s'étendait du Labrador jusque sous les Rocheuses actuelles, en passant par l'Abitibi et les Territoires du Nord-Ouest. Sa marge sud-est est longtemps restée active. Des océans se sont glissés sous le continent formant de nouvelles ceintures de feu, ou à défaut de volcans, de très grandes intrusions sous la surface. On peut les observer aujourd'hui grâce à l'érosion. Les roches d'origine océanique, elles, ont presque toutes disparu.

## La Province géologique de Grenville (6)

Avec le temps, de nouveaux morceaux se sont ajoutés en périphérie du craton : des îles volcaniques, des sédiments et des intrusions. Une collision possiblement d'un arc insulaire et d'un micro-continent avec le continent nord-américain entraîne le métamorphisme des roches de la réserve autour de 1 190 millions d'années. S'érige alors une nouvelle chaîne de montagnes qui s'étendra plus tard sur des milliers de kilomètres. La formation de cette chaîne culminera autour de 1 milliard d'années par la collision de l'Amérique du Nord avec un autre gros continent : peut-être l'Amérique du Sud ? L'Amérique du Nord formait avec ce continent et possiblement tous les autres de la Terre un super continent. Comme les super continents sont instables, ils se font et se défont. Cet autre continent s'est donc détaché et la chaîne de montagnes s'est érodée avec le temps. Le matériel qui la formait s'est éparpillé sur des milliers de kilomètres.

Aujourd'hui, il ne reste que les racines de cette chaîne de montagnes, la Province géologique de Grenville. Du Labrador au Texas, en passant par les régions de la Mauricie, des Laurentides et de l'Outaouais, la Province de Grenville parcourt l'est du continent nord-américain sur plus de 4 000 km, tantôt ensevelie sous d'autres roches plus jeunes, tantôt exposée à la surface.



# De la géologie . . .

Il y a un lien étroit entre la géologie d'une région, son relief, son hydrographie et l'utilisation qu'on fait du sol. Pas surprenant, donc, que les recherches géologiques servent non seulement à comprendre l'évolution des anciennes chaînes de montagnes et à découvrir des mines mais aussi à mieux connaître l'écologie du territoire. L'écologie, c'est la science qui étudie la relation entre le milieu et la vie.

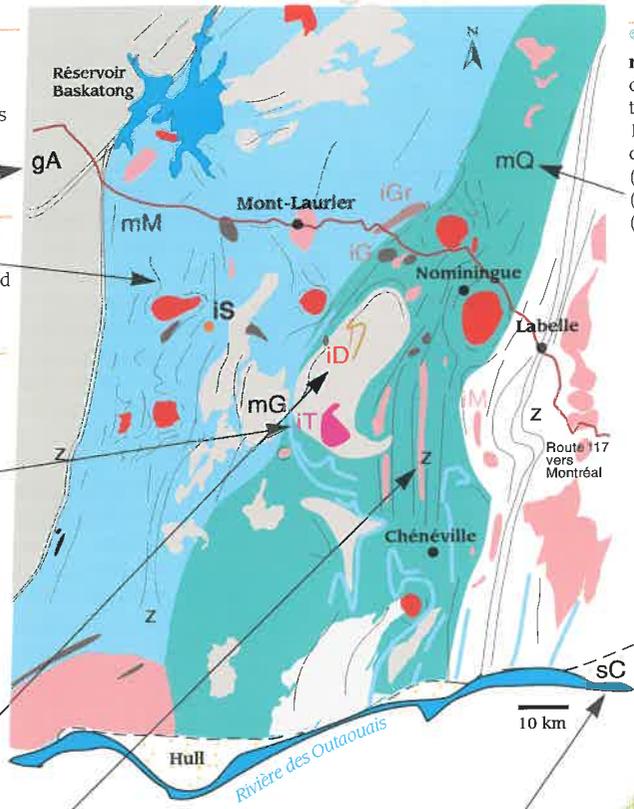
Voici une carte des grands éléments de la géologie de la région. Comparez-la avec les images satellitaires des pages 35 et 39. On y trouve :

**tonalite** **syénite**  
**gabbro** **monzonite**  
**marbre** **quartzite**  
 gneiss

**des gneiss** dérivés de roches archéennes et de roches plus jeunes d'environ 2 milliards d'années (gA) ;

**des couches de gneiss** orientées nord-sud et plissées ;

**des roches intrusives** comme celles du pluton de tonalite de 1 240 millions d'années (iT), des intrusions de monzonite (iM) et de gabbro (iG) de 1 165 millions d'années, des syénites et diorites riches en biotite de 1 080 millions d'années (iS), le dyke de Rivard (iD) et du granite de 1 060 millions d'années (iGr) ;



**des roches métamorphiques** d'origine sédimentaire ou ignée de 1,3 à 1,2 milliard d'années, dont des marbres (mM), des gneiss (mG), des quartzites (mQ).

**de grandes zones de déformation** avec des failles (z), souvent marquées par des lacs ;

**des roches sédimentaires** des basses terres du Saint-Laurent (sC) ;

Illustration : Louise Carrière

# . . . à l'écologie, il n'y a qu'un pas

## Carte écologique : passage concret de la géologie à l'écologie

Les cartes écologiques mettent en évidence des unités de relief à la surface de la Terre selon les traits géologiques dominants. Pour dresser ces cartes, on étudie, entre autres choses, des images satellitaires, des photos aériennes, des cartes géologiques et des cartes topographiques. On décrit ensuite la composition et l'organisation des écosystèmes de chaque unité, leurs types de roches, de sol, de végétation et de faune, et l'utilisation du territoire par l'homme. On se sert de ces cartes dans l'aménagement et la gestion des ressources et du territoire.

Pour en savoir plus sur la carte écologique et son utilisation, on peut s'adresser au :

Ministère de l'Environnement et de la Faune  
 Direction de la conservation et du patrimoine écologique  
 2360, chemin Sainte-Foy, 1<sup>er</sup> étage  
 Sainte-Foy (Québec) G1V 4H2  
 (418) 643-5397

À Notre-Dame-du-Laus, le sous-sol de la vallée de la rivière du Lièvre est formé de marbre et est profondément découpé par plusieurs fractures importantes, occupées aujourd'hui par la rivière du Lièvre et le lac du Poisson blanc (EP9). À l'est, une chaîne de hautes collines dont les sommets dépassent 500 mètres d'altitude (EP10), est constituée principalement de gneiss qui a mieux résisté à l'érosion que le marbre.

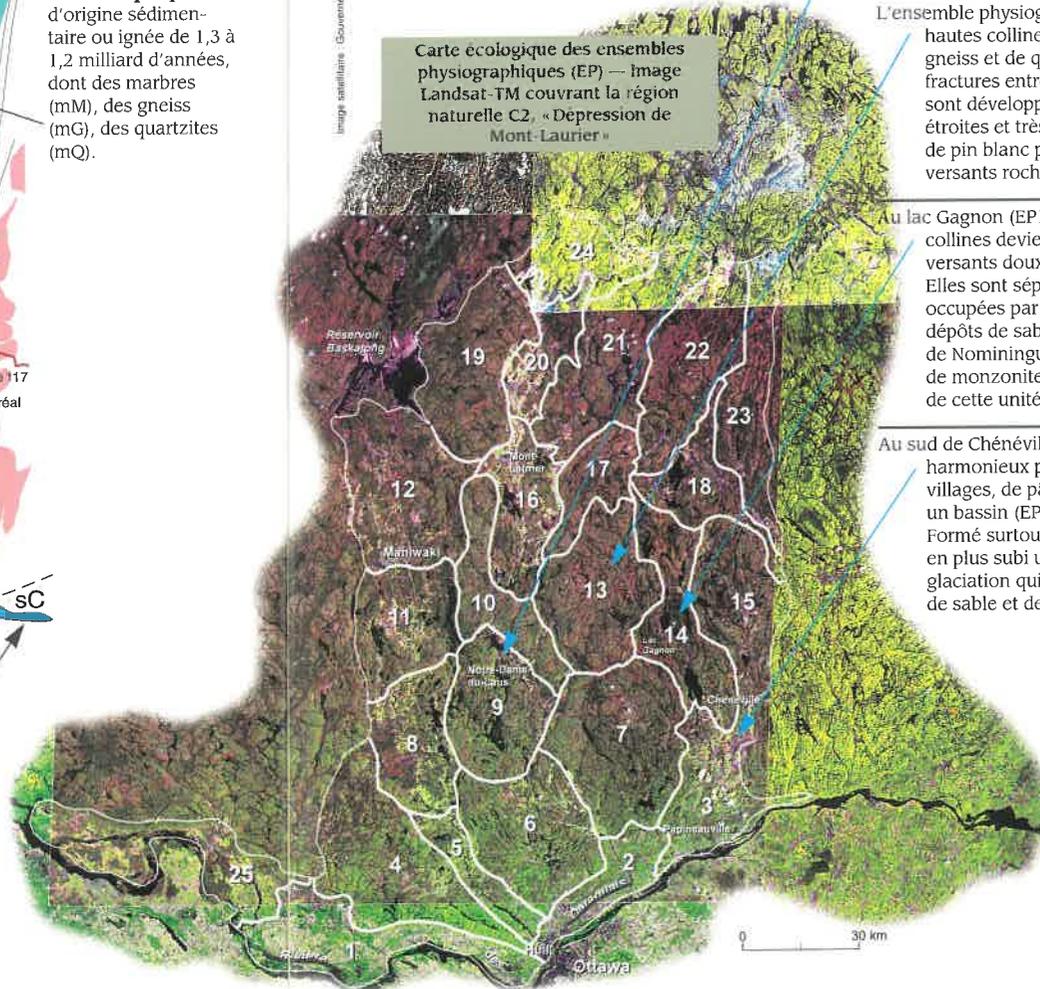
L'ensemble physiographique 13 est un massif de hautes collines constitué d'un complexe de gneiss et de quartzite découpé par des fractures entrecroisées. Les vallées qui se sont développées suivant ces fractures sont étroites et très encaissées. Des peuplements de pin blanc poussent souvent sur ces versants rocheux escarpés.

Au lac Gagnon (EPI4), le paysage change. Les collines deviennent moins élevées, avec des versants doux et des sommets arrondis. Elles sont séparées par de larges vallées occupées par des lacs et comblées par des dépôts de sable et de gravier. C'est le sillon de Nominique-Chénéville avec ses feuillettes de monzonite qui domine le patron du relief de cette unité écologique.

Au sud de Chénéville, on découvre un harmonieux paysage rural composé de villages, de pâturages et d'érablières dans un bassin (EP3) entouré de basses collines. Formé surtout de marbre, le bassin de EP3 a en plus subi une dernière retouche de la glaciation qui a laissé d'abondants dépôts de sable et de gravier.

Image satellitaire : Gouvernement du Québec

Carte écologique des ensembles physiographiques (EP) — Image Landsat-TM couvrant la région naturelle C2, « Dépression de Mont-Laurier »



Écureuil roux



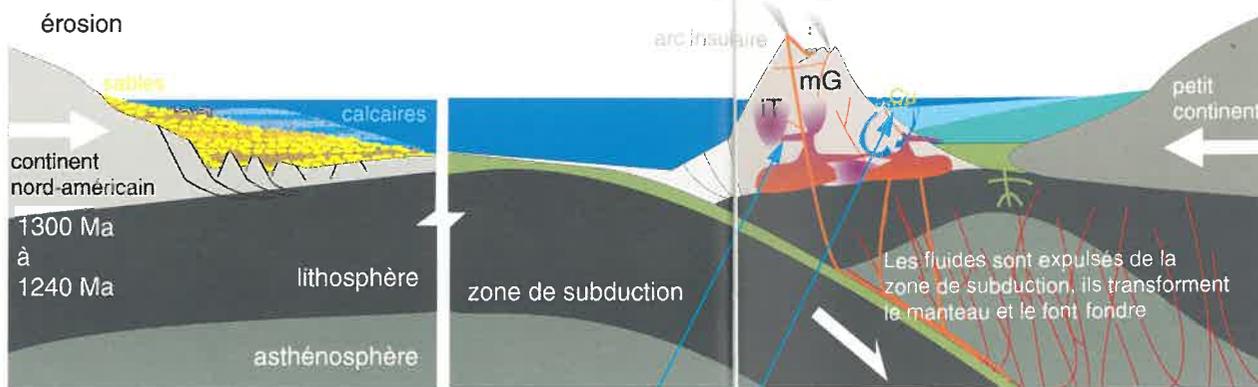
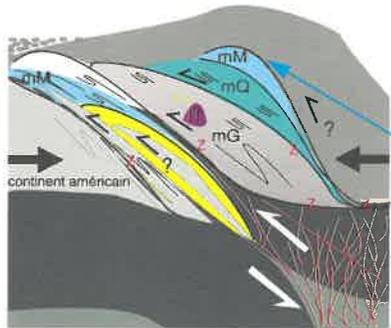
# Une petite histoire des roches de la réserve faunique de Papineau-Labelle

Les roches de la réserve ont 1,3 milliard d'années d'histoire. Nous vous en présentons ici une interprétation basée sur les connaissances géologiques actuelles. Demain, de nouvelles recherches sur ces roches préciseront les hypothèses valables et en susciteront de nouvelles.

Reconstituer une histoire géologique, c'est faire un casse-tête en trois dimensions et en rajouter une quatrième, le temps, avec des pièces actuellement manquantes et d'autres qui sont dispersées sur des centaines de millions d'années. Les gneiss de la réserve peuvent être d'origine sédimentaire ou ignée. Ils peuvent s'être formés dans un environnement tectonique propice à des gîtes minéraux ou dans un autre sans grand potentiel. Ils n'ont pas d'étiquette du genre :

**FAIT EN AMAZONIE**  
Il y a 1,2 milliard d'années dans un arc insulaire en bordure du continent, avec un gîte de cuivre de 30 millions de tonnes, 3 km au sud-ouest.

Un vrai travail de détective... où chaque indice compte.



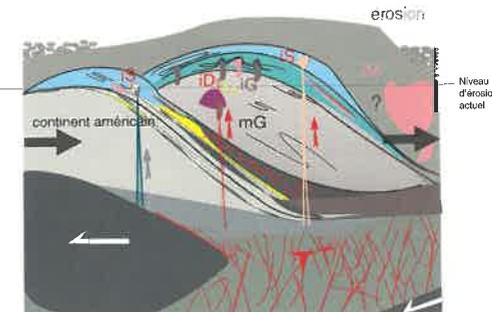
## La réserve : une île volcanique entourée de sédiments ?

L'histoire des roches de la réserve commence il y a 1,3 milliard d'années, dans un arc insulaire (mG) en bordure d'un continent bien au large du continent nord-américain. Une plaque océanique s'enfonce sous l'arc le long d'une zone de subduction. En profondeur, des magmas s'infiltrèrent sous forme de grandes poches, formant des plutons (iT) alors que d'autres montent pour alimenter des volcans. La chaleur générée par ces magmas fait circuler l'eau de mer à travers l'arc et les sédiments. Ces fluides, devenus minéralisés, précipitent du cuivre (Cu). Des sables riches en quartz (mQ), provenant de l'érosion des continents, se déposent dans la mer. En même temps, du calcaire (mM) précipite de l'eau de mer. Ces sédiments deviendront des roches sédimentaires.

## La réserve sous 30 km de roches

À 1,2 milliard d'années, l'arc et un continent plus à l'ouest entrent en collision avec le continent nord-américain. L'arc se retrouve par-dessus le continent nord-américain avec l'autre continent par-dessus lui. Ces blocs de roches se déplacent le long de grandes zones de failles (z). C'est le début d'une nouvelle chaîne de montagnes, qui deviendra aussi haute et

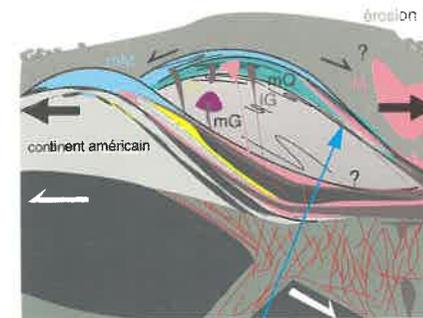
longue que l'Himalaya. Une telle collision représente d'énormes forces tectoniques. Les roches s'aplatissent comme des galettes, se plissent et se déforment comme de la pâte à modeler, et se métamorphosent à des températures entre 750 °C et 950 °C. Certaines commencent même à fondre. Les calcaires deviennent des marbres, le sable riche en quartz, des quartzites, et la boue, les autres sables ainsi que les roches volcaniques et intrusives, des gneiss. Ce métamorphisme a été daté avec des zircons à 1 190 millions d'années avant aujourd'hui.



## Et encore du magma

Il y a 1 080 millions d'années, de nouveaux magmas sont générés à de grandes profondeurs dans le manteau. Ces magmas remontent vers la surface en cassant tout sur leur passage et en apportant des reliques de leur voyage, comme les fragments du dyke de Rivard au site 23 (iD). Les fragments de quartzite, de gneiss, de gabbro et autres fragments exotiques sont autant de témoins des roches sous la surface. Les magmas s'arrêtent au contact des marbres et sont piégés, formant des réservoirs qui gonflent un peu comme des ballons à chaque nouvelle arrivée de magma. Ces réservoirs, une fois cristallisés, forment les plutons de syénite (iS).

## Les magmas envahissent... la réserve



Il y a 1 165 millions d'années, le relâchement des forces tectoniques entrouvre les grandes failles. Le magma en profondeur se faufile, utilisant ces failles comme conduits pour remonter plus haut dans la croûte terrestre et former les grands feuillets de monzonite (iM). D'autres magmas montent dans des conduits en forme de tube, cristallisent couche par couche le long des murs plus froids pour former des intrusions circulaires de gabbro (iG) comme celle du site 24. L'érosion se poursuit en surface.

## Le commencement de la fin

Il y a 1 060 millions d'années, le granite de Guénette s'est formé. Il est aujourd'hui exploité comme pierre de taille. À 950 millions d'années avant aujourd'hui, c'est la fin des événements tectoniques liés à la formation des roches de la Province géologique de Grenville. À la suite d'une longue période d'érosion, les roches de la réserve se sont trouvées exposées à la surface il y a 600 millions d'années. Elles ont servi de socle pour les roches volcaniques de la région de Buckingham puis pour les carbonates des basses terres du Saint-Laurent en grande partie érodés aujourd'hui.



# Sur les traces des glaciers

Observez bien autour de vous !

Vous trouverez de nombreux vestiges du passage des glaciers.



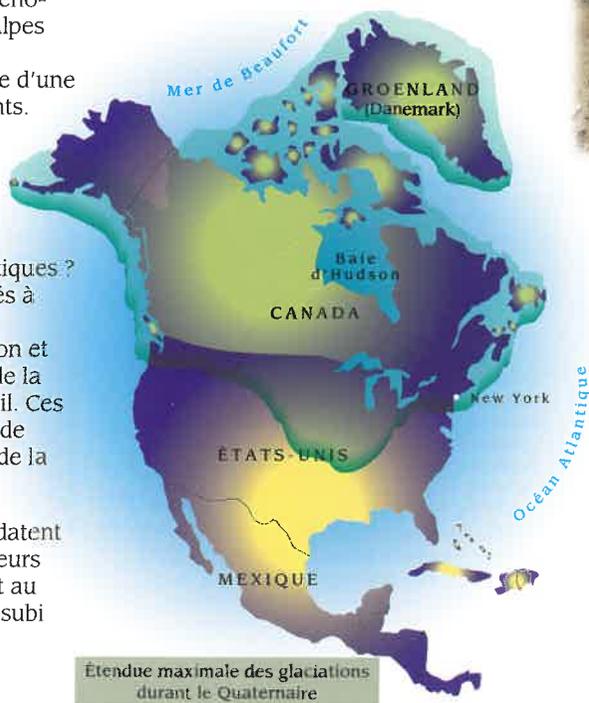
Des surfaces rocheuses polies et striées, une couverture de sable et de gravier, des blocs rocheux de quelques tonnes qui ont été transportés sur de grandes distances, etc. Au début du 19<sup>e</sup> siècle, on croyait que ces vestiges provenaient du Déluge universel décrit dans la Bible. Cinquante ans plus tard, l'observation de phénomènes identiques, tant dans les Alpes qu'en Écosse et dans le nord de l'Amérique, démontrait l'existence d'une glaciation à l'échelle des continents.

## Des glaciers ? Oui, mais pourquoi ?

Pour qu'il y ait une glaciation, il faut qu'il fasse plus froid ! Mais pourquoi ces changements climatiques ? On croit qu'ils sont intimement liés à des variations de divers facteurs astronomiques comme l'inclinaison et l'orientation de l'axe de rotation de la Terre et son orbite autour du Soleil. Ces variations influencent la quantité de rayonnement solaire à la surface de la Terre et, ultimement, le climat.

Les changements climatiques ne datent pas d'hier. La Terre a connu plusieurs grands épisodes de glaciation tout au long de son histoire. Le Canada a subi

au moins dix grandes glaciations depuis 1,6 million d'années. À chacune de ces glaciations, une calotte glaciaire d'échelle continentale, que l'on nomme « Inlandsis », s'est formée. Elle s'est étendue parfois jusqu'au centre des États-Unis. Les vestiges de la dernière glaciation sont évidemment plus nombreux car, tel un grand coup de chiffon, celle-ci a effacé la plupart des traces laissées par les précédentes.



## La glace qui se déplace

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 la base du glacier. Cette eau agit comme un lubrifiant. Elle réduit la friction entre le glacier et l'assise rocheuse et facilite le glissement.

Lorsque le glacier se déplace, il arrache des morceaux de la roche en place. Ceux-ci agissent comme un papier-émeri sur le bois. Observez les fines rainures parallèles sur certaines surfaces rocheuses (site 11, par exemple). Elles témoignent du mouvement et de la direction du glacier.



Coupe de till dans la côte à Bedeau, le long de la route 1, à 4,9 km au nord de l'intersection avec la route 22 dans la réserve

## Les dépôts et les formes glaciaires

Le passage du glacier laisse sur la majeure partie du territoire une couche de blocs, de graviers, de sables et de particules fines bien mélangés. C'est le till. Le poids de la glace peut compacter le till. Il devient parfois si dur qu'on doit se servir d'une pioche pour l'échantillonner.

Dans la région, le till forme un placage discontinu souvent sans forme particulière ou des bourrelets accumulés au front du glacier, appelés « moraines ».

Parfois, ces moraines contiennent des sables et des graviers qui proviennent des eaux de fonte.

Beaucoup d'eau est évidemment libérée lors de la fonte du glacier. Cette eau trie les débris rocheux contenus dans la glace. Un autre grand type de dépôt glaciaire se forme alors : les dépôts stratifiés.

Lorsque cette eau de fonte circule dans les tunnels à l'intérieur de la glace, elle transporte des débris arrachés aux



Imaginez la puissance du torrent qui a transporté ces gros blocs ! Coupe de l'esker du lac Kar-Ha-Kon le long de la route à l'est de Kiamika

parois. Aujourd'hui, il ne reste de ces tunnels que de longues crêtes que l'on nomme « eskers ». Leur tracé sinueux, comme celui des rivières actuelles, est généralement parallèle à la direction du retrait du glacier.

Quand le torrent d'eau de fonte se jette dans un lac ou la mer, la vitesse de l'eau diminue abruptement. Les débris rocheux qui ne peuvent plus être transportés par ces eaux se déposent alors en couches horizontales. Des deltas se forment (site 15). Ce sont des accumulations de forme triangulaire constituées principalement de sable et de gravier qu'on utilise aujourd'hui pour l'entretien des routes.

Les coupes dans les sédiments meubles changent au gré des éboulis et de leur exploitation. Ainsi, au moment de votre visite, vous serez peut-être les premiers à observer de nouveaux indices des événements du passé.



## À vendre au lac Gagnon : terrain avec vue sur la mer

Bien que surprenante, cette annonce aurait pu paraître il y a plus de 10 000 ans.

C'est en effet au cours de cet épisode de l'histoire géologique du Québec, à la suite de la fonte des glaciers, que les eaux de l'océan Atlantique ont envahi les basses terres du Saint-Laurent pour former la Mer de Champlain. Cette mer a recouvert une superficie d'environ 55 000 km<sup>2</sup>, s'étendant de Québec à Pembroke, en Ontario, et des Appalaches aux Laurentides.



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 dépressions 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 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

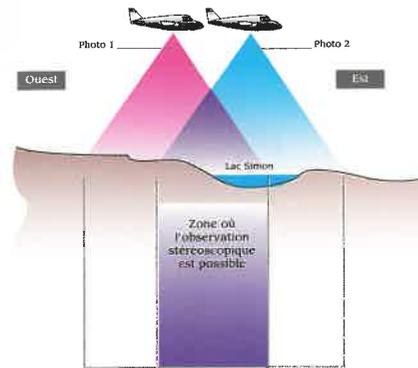


au fur et à mesure que la croûte terrestre remontait à sa position initiale. Aujourd'hui, on observe des indices de cette invasion marine jusqu'à environ 230 m d'altitude.

### Les vestiges de la Mer de Champlain

La Mer de Champlain a laissé dans le paysage différents vestiges comme des deltas, des plages et des terrasses. Les deltas de sable situés près des lacs de La Minerve et Gagnon représentent des accumulations formées par le déversement des eaux de fonte des glaciers dans la Mer de Champlain. Les particules plus fines se sont déposées dans les parties profondes de cette mer et ont formé des plaines argileuses dans la vallée du Saint-Laurent et autour du lac à l'Argile, par exemple.

Les terrasses et les plages soulevées témoignent du retrait des eaux marines, à la suite du soulèvement du continent. Elles marquent l'abaissement progressif du niveau marin, comme des cernes dans une baignoire. Dans la vallée du Saint-Laurent, les rebords des terrasses forment des escarpements courbes observables sur des



kilomètres. Ils se sont développés à la suite du sapement des berges par les vagues. Leur succession en altitude témoigne de niveaux plus stables de la Mer de Champlain. Les plages de la Mer

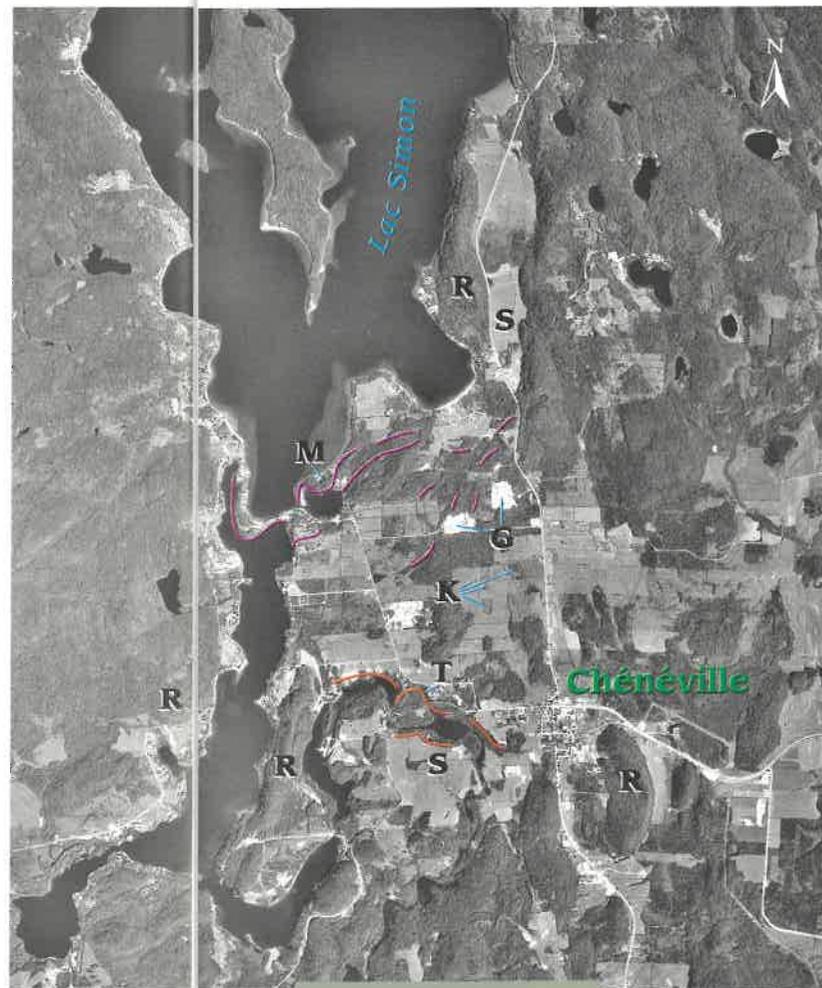
de Champlain représentent un phénomène équivalent à celui observable autour de la plupart des plans d'eaux actuels. Elles sont constituées de sable, de gravier et de galets et contiennent ici et là des coquillages.

### Les photographies aériennes : indispensables au travail des géologues

Les photographies aériennes sont prises à un intervalle constant, à partir d'un avion, de façon à obtenir des images d'un même terrain selon deux angles différents. La superposition de ces deux images à l'aide de lunettes stéréoscopiques permet la vision en trois dimensions. On peut donc voir le relief, les vallées et les montagnes, par exemple.

Outils de localisation par excellence, les photographies aériennes sont utilisées aussi pour déterminer la nature des terrains. Elles permettent, entre autres, de déceler les zones propices aux glissements de terrain. Les régions couvertes par les argiles sont particulièrement sensibles à ces phénomènes. Rappelons le glissement de terrain de Notre-Dame-de-la-Salette en 1908 (33 morts, 35 000 m<sup>2</sup> de terrain atteint).

Cette portion d'une photographie aérienne de la région de Chénéville, au sud de la réserve, montre quelques éléments de la géologie. Des crêtes morainiques (M) marquent une pause dans le retrait glaciaire au sud du lac Simon. Quelques moraines sont exploitées pour le sable et le gravier (G). Les petites dépressions circulaires (K), nommées « kettles » résultent de la fonte d'un morceau de glace enfoui dans les sédiments. Lorsque la glace fond, les sédiments au-dessus s'affaissent. Entre les buttes de roc (R), des sédiments plus fins (S) se sont mis en place dans la Mer de Champlain. À certains endroits, ils ont été érodés par des rivières, ce qui a créé des rebords de terrasses abrupts (T).



Voici une photo aérienne



## Ces sols qui portent la vie

Les sols sont des milieux vivants, complexes et dynamiques. Ils évoluent constamment sous l'action du climat et de la végétation.

### Le développement des sols

Les sols se forment directement à partir de la roche en place ou de la couverture de matériel laissée par les glaciers. Leur formation à partir de la roche nécessite d'abord une période d'altération chimique ou mécanique de façon à rendre la roche plus propice à la végétation. Ensuite, les sols se développent très progressivement, au fur et à mesure que la roche se fragmente et que les plantes peuvent s'y installer. Plusieurs processus faisant intervenir, entre autres éléments, le climat, le type de roches et les plantes entrent alors en action. Le dépôt meuble purement minéral se transforme en un milieu vivant, très dynamique, à la base des écosystèmes.

L'entraînement des éléments de la surface vers le bas par l'eau de ruissellement est l'un des processus les plus importants pour l'évolution et l'enrichissement des sols. C'est lui qui est responsable de la formation des horizons, c'est-à-dire des couches de sol plus ou moins parallèles à la surface et qui se distinguent les unes des autres par leur couleur, leur composition (chimique, biologique ou minéralogique), etc.



### Les podzols

La succession et les caractéristiques des horizons sont à la base de la classification canadienne des sols. Sur la réserve, le type dominant est le podzol, un sol bien ou imparfaitement drainé. Il se développe dans les régions froides et humides. Son nom provient de l'aspect particulier d'un de ses horizons. Dans la langue russe, *pod* signifie « sous » et *zola*, « cendre ». Sous les horizons de surface, riches en débris végétaux et de couleur foncée, on observe un horizon plus pâle, presque blanc.

Pourquoi est-il blanc ?

Parce qu'il est appauvri en matières organiques et en certains éléments chimiques.

Ces derniers vont s'accumuler plus bas et forment un horizon généralement de couleur rouille à cause de la présence de fer oxydé.

Dans la réserve, les podzols se sont développés principalement sur des tills.

contiennent donc de nombreux blocs. Ceux-ci limitent l'utilisation du sol à l'exploitation des forêts ou, lorsque les podzols sont déboisés, comme terre de pâturage. Dans les vallées couvertes par des sédiments mieux triés et plus fins, déposés dans la Mer de Champlain ou dans des lacs formés en bordure des glaciers, les terrains sont mieux drainés, contiennent peu de pierres. Ils sont donc meilleurs pour l'agriculture. C'est le cas des sols fertiles des basses terres du Saint-Laurent.

### De la roche polie par les glaciers à la forêt laurentienne

Lorsque les calottes glaciaires puis les mers postglaciaires se sont retirées du sud du Québec, il y a environ 9 500 ans, le climat était de type subarctique. Des plantes de toundra ont été les premières à pousser sur les terrains mis à nu par la fonte des glaces. Cette végétation, constituée essentiellement de lichens, de mousses, d'herbes basses et de plantes rampantes, a suffisamment modifié les sols pour que des arbustes puissent y pousser. Grâce à l'étude des pollens qu'on trouve préservés dans le fond des lacs, on sait que les change-

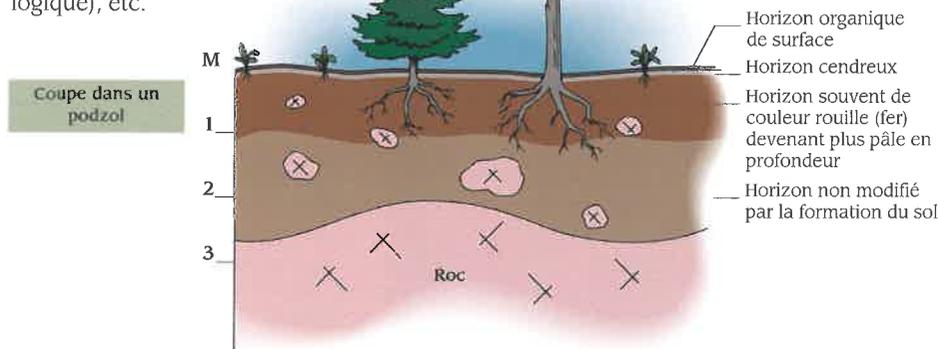
ments de végétation qui ont suivi ont été assez rapides à cause d'un réchauffement climatique à l'échelle planétaire.

Bien des espèces végétales qui avaient migré vers le sud des États-Unis au cours de la période glaciaire se sont alors rapidement répandues vers le nord. Une végétation composée surtout de bouleaux, de saules, d'aulnes, et même d'épinettes, a remplacé les plantes de toundra. En effet, des épinettes fossiles, vieilles de 10 000 ans, ont été trouvées sur la rive sud du Saint-Laurent. Le pin et la pruche ont ensuite fait leur apparition. Enfin les feuillus de grande taille, tels le chêne, l'érable et le merisier, ont envahi le territoire à partir de 5 000 ans avant aujourd'hui. Les forêts, telles que nous les connaissons maintenant, se sont alors développées sous l'effet de perturbations naturelles et de l'intervention humaine (coupes, agriculture, etc.).

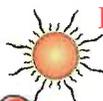
### L'activité humaine et l'érosion des sols

Pour satisfaire ses besoins, l'homme exploite les ressources de la Terre. Il est donc essentiel qu'il comprenne les processus naturels qui régissent celles-ci. Le déboisement, par exemple, peut provoquer la destruction du sol. Sans les arbres de la forêt, le sol mis à nu est plus exposé à l'action érosive de la pluie, du vent, du gel et du dégel, et du dessèchement. Il en résulte une perte de sol appréciable, sans compter les dégâts provoqués par les machines utilisées. Dans des conditions très favorables, on a estimé qu'un podzol prend quelques centaines d'années à se former...

L'agriculture peut également provoquer la disparition du sol. En effet, les pratiques agricoles le laissent souvent à nu. Cela crée des conditions de surface qui s'apparentent à celles des zones situées sous les climats arides à semi-arides, où les taux d'érosion du sol sont très élevés.



# L'eau, ressource fragile



Partout, l'eau joue un rôle primordial. Sans elle, pas de vie. Elle tombe du ciel, coule dans les ruisseaux, les rivières et les fleuves, remplit nos lacs et fait vivre nos arbres. L'eau mène aussi une existence cachée. Lorsqu'elle s'infiltre dans le sol, elle entame un voyage long et complexe qui se termine parfois dans votre verre.



## Le cycle de l'eau souterraine

Lorsque vous ouvrez le robinet, vous êtes-vous déjà demandé d'où venait cette eau ? Dans les grandes villes, elle provient généralement des rivières ou des lacs et subit un long traitement avant de prendre le chemin de nos maisons. Mais dans les régions rurales, la plus grande partie de l'approvisionnement en eau potable se fait grâce aux puits qui la captent sous terre. Comment se retrouve-t-elle là ?

Quand il pleut, une bonne partie de l'eau s'infiltre lentement dans le sol. Elle circule alors dans des milieux poreux et perméables que l'on nomme « aquifères » et y forme la nappe phréatique. La région de Papineau-Labelle comporte deux types d'aquifères. Le premier est constitué de vastes couches de sable et de gravier qui recouvrent les roches sous-jacentes. Le second est un immense réseau de fractures qui parcourt les roches du sous-sol.

L'eau souterraine circule beaucoup moins vite que celle d'une rivière. Sa vitesse d'écoulement dépend en bonne partie de la perméabilité de l'aquifère. Généralement, plus les espaces entre les grains d'un sable sont grands, plus celui-ci est perméable car l'eau peut s'écouler facilement.

Les roches de la région sont très peu perméables. L'eau ne peut y circuler que dans les fractures. Dans un tel cas, la facilité de l'eau à s'écouler dépendra principalement de la largeur des fractures, de leur nombre et de la manière dont elles sont reliées. L'eau souterraine peut être entreposée durant de nombreuses années ou aboutir dans des lacs et des rivières et recommencer son cycle.

## Les différences entre les eaux souterraines

L'eau qui circule dans les aquifères près de la surface traverse des sédiments de plus ou moins grande épaisseur, qui peuvent filtrer les déchets solides mais pas les contaminants dissous : ces aquifères sont vulnérables. L'eau qui circule dans les fractures

plus profondes des roches est souvent très pure. Ayant rejoint un milieu moins accessible, l'eau peut rester des centaines et même des milliers d'années dans les fractures des roches. Cette eau est aussi dépourvue de micro-organismes nuisibles à cause de la profondeur, de l'absence d'air et de substances nutritives.

Au contact des sédiments ou des roches, l'eau peut acquérir des sels minéraux ; l'eau résultante est parfois qualifiée d'« eau dure », particulièrement en présence de roches calcaires. D'autres sédiments, d'autres roches, selon leur composition, peuvent rendre l'eau ferrugineuse, sulfureuse, acide, etc. L'eau qui provient d'une roche riche en pyrite, par exemple, tend à être sulfureuse et à présenter une odeur d'œufs pourris.

## L'eau peut être contaminée

L'eau est la source de toute vie, mais elle est aussi une ressource fragile. Elle peut facilement être contaminée par l'activité humaine, c'est-à-dire l'exploitation des industries, l'emploi généralisé de produits chimiques, l'augmentation du volume des déchets.

Tous les produits déversés sur le sol, toutes les substances et les déchets enfouis loin de nos pensées et de nos préoccupations risquent de se rappeler à notre bon souvenir s'ils atteignent la nappe phréatique.

Il suffit parfois de bien peu. Un baril d'huile de vidange que l'on verse dans le sable d'une cour, des débris que l'on enterre ou qu'on laisse simplement à l'air libre. Il pleut, et l'eau d'infiltration entraîne avec elle des substances nocives, quelquefois jusqu'à l'aquifère où l'on puise son eau.

Il existe deux types importants de contamination de l'eau souterraine : la contamination microbienne et la contamination chimique.

Par exemple, les boues des fosses septiques se transforment en composés chimiques qui perdent leur toxicité en se dégradant avec le temps. Quand on creuse des puits trop près de telles fosses, les contaminants n'ont pas eu le temps de se dégrader. L'eau est alors contaminée. Une fosse septique mal conçue laissera également échapper des virus et des bactéries.

Parfois, des quantités importantes d'engrais et de fertilisants sont utilisés sur les fermes. S'ils sont mal conçus ou mal appliqués, ils passeront dans la nappe phréatique. Le même raisonnement est valable pour les pesticides et herbicides employés pour entretenir et préserver les récoltes. Tous les produits que l'on déverse sur ou dans le sol finissent tôt ou tard par atteindre l'eau souterraine.

Les routes représentent aussi une source de contamination car au dégel printanier, les sels de déglacage accumulés durant l'hiver se retrouvent dans les eaux de ruissellement.

## Sources potentielles de contamination microbienne

- les fosses septiques,
- les sites d'enfouissement sanitaire,
- les exploitations agricoles (fosses à purin, élevage d'animaux);

## Sources potentielles de contamination chimique

- les fosses septiques (contaminants organiques, désinfectants, etc.),
- les sites d'enfouissement sanitaire,
- les exploitations agricoles (engrais, pesticides, herbicides),
- les fuites de réservoirs pétroliers ou de produits chimiques,
- les routes (sels de déglacage).

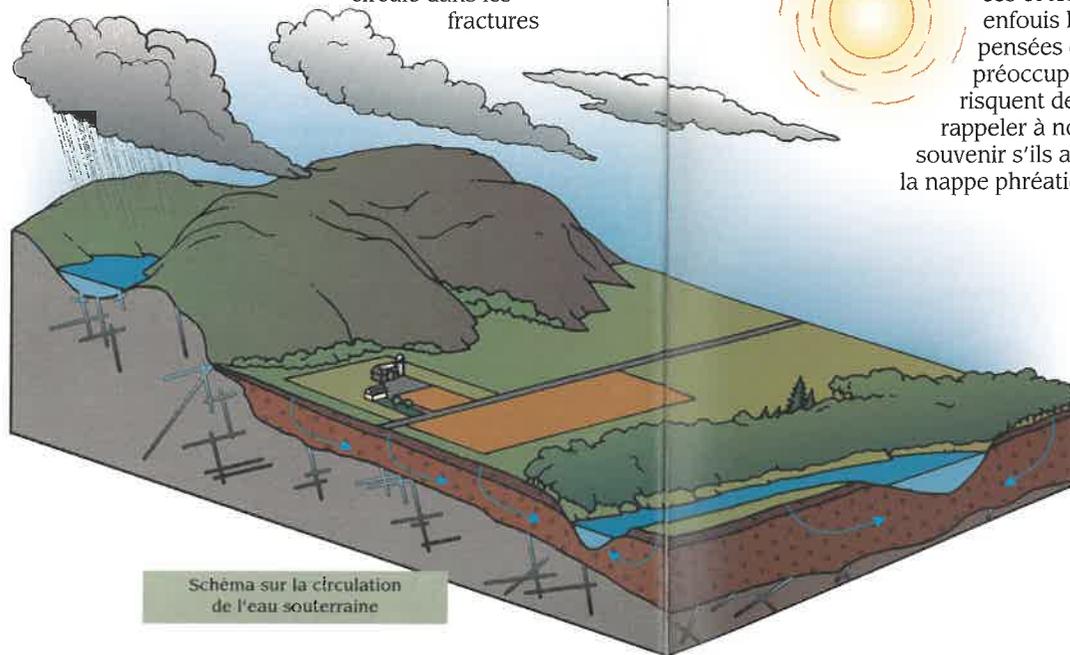


Schéma sur la circulation de l'eau souterraine

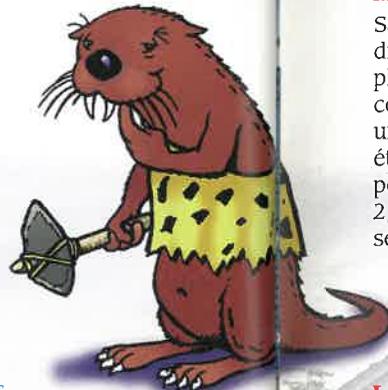


# L'exploitation des ressources minérales, c'est essentiel

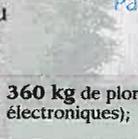
Les ressources minérales ont façonné notre histoire, accéléré le développement de l'humanité. Aujourd'hui, elles sont indispensables à notre qualité de vie.

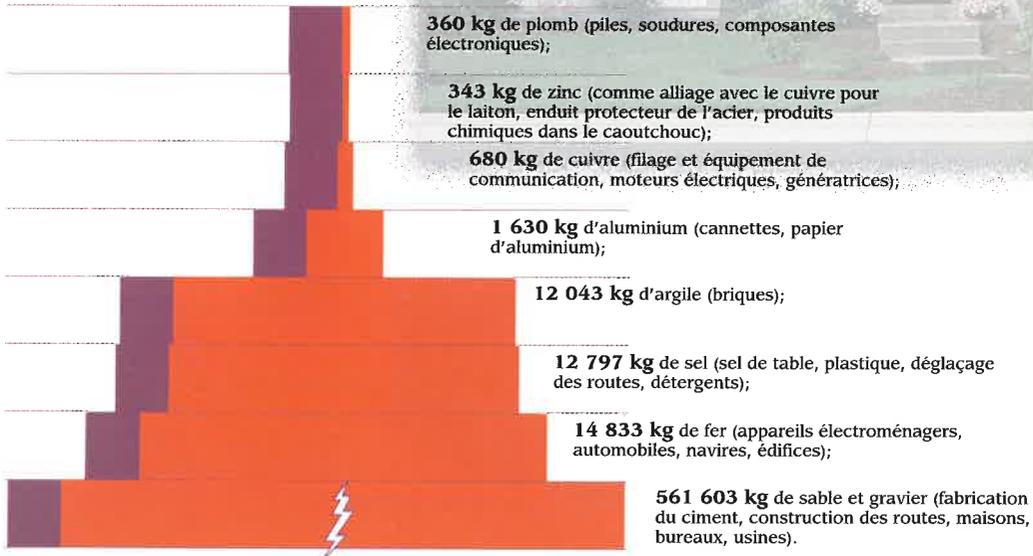
L'exploitation des ressources minérales a grandement influé sur le développement des civilisations. Après l'âge de pierre où l'homme a utilisé le chert pour façonner ses premiers outils, il y a eu l'âge de bronze puis l'âge de fer. Aujourd'hui, nous extrayons des roches les métaux et les substances minérales qui entrent dans la fabrication d'un grand nombre de biens de consommation que nous jugeons essentiels. Et peut-être sommes-nous maintenant à l'âge de la silice, avec les puces d'ordinateur et la fibre optique.

**Incroyable mais vrai ! Selon le Bureau des mines des États-Unis, chaque Américain consommera au cours de sa vie**



**Alors imaginez-vous vivre sans minéraux !**

-  Pas de panneaux de gypse pour les murs
-  Pas d'électricité (filage en cuivre ou en aluminium)
-  Pas d'eau courante ni de robinet (pas de tuyau en cuivre ou en plastique)
-  Pas de fenêtre (silice)
-  Pas d'auto, pas d'autobus (plus d'une dizaine de minéraux utilisés dans la fabrication des autos)
-  Pas d'ordinateur (pétrole, silice)
-  Pas d'appareils électroménagers (acier)
-  Pas de crayon (graphite)
-  Pas d'asphalte (micas et graviers)



## Minéraux et prospérité

Saviez-vous que le Québec est l'un des dix principaux producteurs miniers de la planète ? L'exploitation des minéraux contribue à notre prospérité. En 1992, une trentaine de substances minérales étaient extraites du sous-sol québécois pour une valeur approximative de 2,6 milliards de dollars. Ont été dépensés pour chercher de nouveaux gisements 121 millions de dollars.

Les mines d'or, de fer et de cuivre représentent 49 % de l'ensemble de la production minière.

## Les minéraux et l'avenir

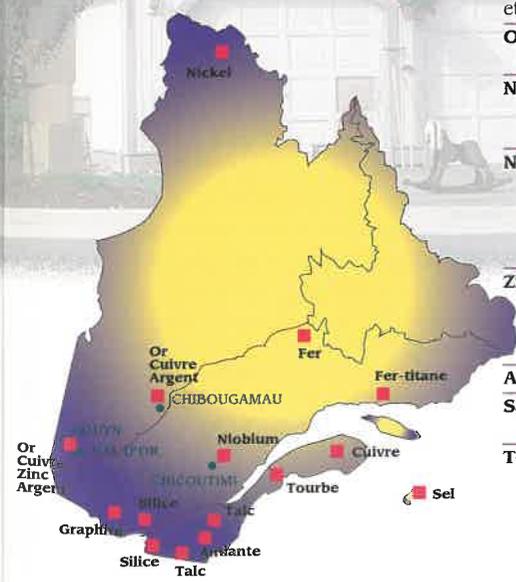
Certains minéraux seront moins en demande, d'autres davantage : par exemple, les câbles de fibres optiques amèneront une plus forte demande pour la silice et une moins grande demande pour le cuivre. Certains métaux de haute technologie, comme

le niobium, permettent de produire des aciers spéciaux utilisés dans l'industrie aéronautique et spatiale.

Les argiles, des silicates d'aluminium généralement à grain très fin, sont des minéraux très importants pour les humains. Dans les sols, les argiles retiennent l'eau et les éléments chimiques. L'argile commune sert à la fabrication de la brique, de la céramique. À cause de leur capacité d'adsorption, ces minéraux sont utilisés abondamment dans l'industrie.

## L'exploitation minière au Québec

|  |  |
|--|--|
| <b>Fer</b> de la Côte-Nord                   | Fabrication de l'acier (automobiles, appareils ménagers, machinerie)   |
| <b>Amiante</b> de l'Estrie                   | Fabrication de tissus non inflammables, de ciment, d'isolant, de garnitures de frein   |
| <b>Silice</b> des Laurentides                | Optique, horlogerie, industrie du verre, circuits d'ordinateur   |
| <b>Cuivre</b> de l'Abitibi et de la Gaspésie | Fils électriques et tuyaux   |
| <b>Or</b> de l'Abitibi                       | Bijoux, monnaies, médailles, composantes électroniques   |
| <b>Niobium</b> du Saguenay                   | Fabrication d'aciers spéciaux utilisés dans l'industrie aéronautique spatiale  |
| <b>Nickel</b> de l'Ungava                    | La compagnie Falconbridge vient d'annoncer qu'elle exploitera son gisement de Raglan dans le Nouveau-Québec.   |
| <b>Zinc</b> de l'Abitibi                     | Galvanisation de l'acier, fabrication de laiton et de bronze, moulage sous pression  |
| <b>Argent</b> de l'Abitibi                   | Bijoux, monnaie  |
| <b>Sable et gravier</b>                      | Construction des routes, fabrication du béton  |
| <b>Tourbe</b>                                | Saviez-vous que le Canada est le premier exportateur de tourbe horticole au monde ? La tourbe est utilisée à des fins agricoles, de filtration, comme combustible. |
| <b>Sel</b> des Îles-de-la-Madeleine          | Déglacage des routes   |



# Une histoire qui ne date pas d'hier : l'exploitation minière dans l'Outaouais et les Laurentides



Saviez-vous qu'il y a un peu plus de 100 ans, l'Outaouais était l'un des districts miniers les plus importants au Canada ? On y exploitait surtout le mica, l'apatite, le feldspath, le graphite et le fer.

De nos jours, la région offre toujours des possibilités intéressantes pour la prospection et plusieurs sites de choix pour les collectionneurs.

## 1797 à 1860 : de l'exploration à l'exploitation

L'histoire de la région est intimement liée à son développement minier. C'est, en effet, autant à l'exploration minière qu'à l'exploitation forestière qu'on doit le développement des routes, des chemins de fer et des barrages hydroélectriques.

Philemon Wright, son fils Ruggles, et l'arpenteur Theodore Davis sont les pionniers de l'exploration minière dans l'Outaouais. Entre les années 1797 et 1863, ils ont le monopole de l'exploration. Ils prospectent surtout la région au nord de Hull et à l'ouest de la rivière Gatineau. Vers les années 1850, c'est l'épopée de la construction des chemins de fer. La demande pour l'acier est très forte. On cherche donc surtout du minerai de fer. Ces efforts de prospection mènent à la découverte des mines Forsyth et Baldwin, à environ 7 km au nord-ouest de Hull (1). Ce sont alors les deux principales mines de fer de la région.

## 1875 à 1890 : l'heure de gloire du secteur minier

L'exploration minière atteint son apogée entre les années 1870 et 1890. Des

millions de dollars sont investis dans l'exploration pour l'apatite (ce minéral contient du phosphate, utilisé comme engrais), le mica et le graphite. Plusieurs mines d'apatite ouvrent dans les environs de Cantley, juste au nord de Hull. La mine Comet deviendra un site minéralogique renommé pour ses énormes cristaux d'apatite. L'Outaouais est alors le plus grand district minier au pays.

Bien qu'on en ait d'abord extrait l'apatite, la mine Blackburn, à Cantley (2), est la plus vaste exploitation de mica en Occident de 1878 jusqu'à sa fermeture en 1962. C'est aussi la mine la plus profonde de la région (au-delà de 200 m). Plus de 500 personnes y travaillent dans les années 1880.

En 1888, la mine Bristol (3), à environ 50 km à l'ouest de Hull, est la plus grande mine de fer au Canada. Il en coûte alors 17 \$ pour expédier une tonne de minerai jusqu'à Montréal. Les salaires d'un mineur varient entre 15 et 25 \$ par mois, soit environ 0,60 \$ par jour.

Vers la fin des années 1880, la découverte d'immenses gisements de phosphate en Floride et en Alabama entraîne la chute des prix de cette ressource minière. On assiste alors à la désintégration de l'industrie minière dans la région.

## Le début du 20<sup>e</sup> siècle

Plusieurs filons de pegmatite sont exploités pour le feldspath dans la première moitié du 20<sup>e</sup> siècle dans les vallées de la Gatineau et de la Lièvre. L'orthose (une variété de feldspath riche en potassium) entre dans la fabrication des dents artificielles, des abrasifs pour savons et des poudres à récurer. Au cours de ce siècle, le mica est aussi exploité de façon sporadique à la mine Parker à 3 km au nord-ouest de Notre-Dame-du-Laus (4). Le mica en feuilles sert d'isolant dans l'industrie électrique.

Le « rose de Guénette » et « rose laurentien » sont les noms commerciaux d'un granite rose à grain fin qu'on extrait depuis 1910 dans la région de Lac-des-Écorces (5). Ce granite est très recherché comme pierre à monument à cause de son aspect uniforme et de son beau coloris. Il sert aussi à faire des cylindres laminaires utilisés dans les moulins à papier car on peut en extraire de très gros blocs ne contenant pas d'impuretés. On l'emploie aussi comme pierre de revêtement d'édifices. Comme ce granite est très riche en quartz, il est très dur, et donc coûteux à tailler. De plus, contrairement à beaucoup d'autres carrières de granite où l'exploitation se fait à flanc de colline, le granite de Guénette est exploité en profondeur, ce qui augmente les coûts d'exploitation. Plusieurs carrières ont été exploitées au fil des ans. Présentement seules deux entreprises exploitent encore le granite de Guénette.



La carrière Rock of Ages, à Guénette

## À la fin des années 60

La région de Mont-Laurier fait l'objet d'une prospection intense pour l'uranium. On y a découvert plusieurs pegmatites uranifères (6).

On exploite durant de nombreuses années le quartz au réservoir Baskatong (7).

## Aujourd'hui

Plusieurs gisements de graphite attendent des jours meilleurs pour être mis en production (voir p. 57).

On prospecte pour trouver de la wollastonite, minéral qui se substitue à l'amiante, près de Laurel, au nord de Lachute.

La région n'a pas échappé à la ruée vers le diamant que connaît le Canada. De grandes portions du territoire ont été jalonnées afin d'évaluer le potentiel diamantifère de la région.

On cherche du zinc dans les marbres de la région de Maniwaki.

On fait des travaux de mise en valeur sur un gisement de kaolin près de Sainte-Jovite. Le kaolin est utilisé, entre autres, dans les industries du papier, de la céramique, des plastiques, du caoutchouc.

En 1992, la mine Kilmar ferme ses portes faute de débouchés pour la dolomie magnésitique qu'elle produit (8).

Chaque année, on extrait du gisement de Portage-du-Fort 25 000 tonnes de dolomie, une roche qui sert à la fabrication du verre (9).

Une des seules mines de graphite en Amérique du Nord est exploitée à Saint-Aimé-du-Lac-des-Îles, juste à l'ouest de la réserve (10).



# Trouver des mines

Les mines, ce sont des anomalies de la nature, des sites où l'on exploite des éléments bien importants pour notre vie de tous les jours, là où ils ont été concentrés dans la croûte terrestre.



Trouver ces endroits requiert tout un travail de détective. Ce travail devient de plus en plus complexe au fur et à mesure que les minéralisations situées près de la surface ont été trouvées.

## Beaucoup d'appelés, peu d'élus

Il faut généralement compter environ 8 à 10 ans de travail afin d'amener une mine en production. Pour chaque mine exploitée, on estime qu'il y a eu des travaux sur une centaine de propriétés.

## Les étapes

La première consiste à acquérir des connaissances scientifiques. Cela se fait généralement dans des programmes gouvernementaux de cartographie. Ces programmes permettent de faire l'inventaire des ressources connues et de cibler les zones à potentiel intéressant.

Après des travaux de prospection ou de cartographie, on trouve un indice minéralisé.

Le territoire autour de cet indice est jalonné par une compagnie minière ou un prospecteur, c'est-à-dire qu'on acquiert les droits miniers pour une période donnée auprès du ministère des Ressources naturelles du Québec.

On procède alors à des travaux d'exploration : décapage, cartographie, travaux de géophysique et de géochimie. Tout le territoire jalonné est passé au peigne fin. Puis un rapport détaillé des travaux doit être remis au gouvernement afin d'obtenir un renouvellement des droits miniers.

Si les résultats sont prometteurs, des forages permettent de délimiter l'étendue des zones minéralisées, de définir un gisement et d'en calculer la teneur moyenne (par exemple, 3,4 millions de tonnes de minerai avec une teneur moyenne de 1,3 % de cuivre).

S'ensuivent une étude de faisabilité et une étude de marché. Il faut trouver une méthode pour extraire le minerai, s'assurer qu'il y a des débouchés pour le produit et que les réserves et les teneurs sont suffisantes pour une exploitation rentable.

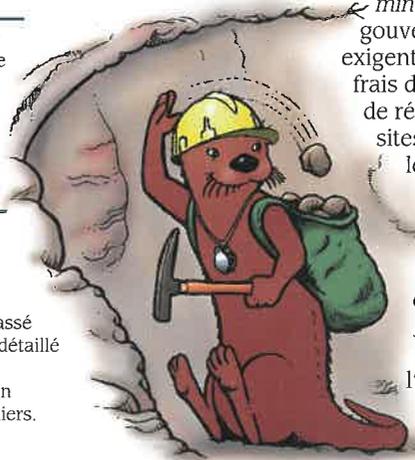
Si l'on décide d'exploiter le gisement, il faut produire une étude d'impact environnemental et un plan détaillé de restauration du site après son exploitation. On doit aussi déposer en garantie une partie du coût de la restauration au ministère des Ressources naturelles du Québec.

Enfin vient la construction du concentrateur et de l'infrastructure nécessaire à l'exploitation de la mine, dont les puits et les galeries ou la fosse à ciel ouvert.

## Les mines et l'environnement

Depuis juillet 1993, à la suite de modifications à la Loi sur les mines, les autorités gouvernementales exigent qu'on prévoie les frais de restauration et de réaménagement des sites miniers après leur fermeture.

L'exploitant doit fournir une garantie financière pour couvrir ces frais avant même de commencer l'exploitation.



La restauration consiste à remettre le site dans un état équivalent à ce qu'il était avant l'activité minière ou à permettre une activité différente mais compatible. Tous les sites doivent retrouver un aspect naturel, une fois la restauration terminée.

Tout au cours de la production minière, les exploitants doivent régulièrement échantillonner et analyser l'eau qui s'écoule de leur parc de résidus miniers dans le cadre d'un suivi de la qualité. Ils doivent prendre les mesures nécessaires pour que les eaux ne dépassent pas la concentration limite en métaux, en acidité, etc. En 1992, plus de 95 % des échantillons d'eau analysés étaient conformes aux normes permises, ce qui représentait une nette amélioration par rapport à 1989. Les normes environnementales actuelles permettent de restreindre assez bien les émissions produites par les mines. Au fur et à mesure que la science évolue, les méthodes de contrôle et de redressement s'affinent.

## La restauration du parc à résidus miniers de Preissac, en Abitibi : un exemple à suivre



Photos : Robert Tremblay

Une plage de sable blanc aux abords d'un petit lac où les canards aiment barboter. Tout autour, des aires gazonnées entourées d'une piste cyclable, des petits arbres fruitiers. Un nouveau site récréatif pour la population. Rien de remarquable en soi jusqu'à ce qu'on apprenne que cet espace vert a été aménagé sur un parc de résidus miniers.

Le ministère des Ressources naturelles a restauré ce site en 1992. On y avait exploité une mine de molybdène entre 1962 et 1971. La digue qui retenait les résidus (de la fine poussière de quartz blanc) défonçait périodiquement,

entraînant le bris de la route et amenant une trop grande quantité de sédiments dans les cours d'eau environnants. Les résidus ne contenaient aucun élément toxique mais cette fine poussière de quartz était soulevée et transportée par le vent. Des plantes ont stabilisé les résidus. Des arbres ont été plantés pour créer une barrière naturelle au vent. La plage a été conservée pour permettre les jeux dans le sable.

## Les résidus miniers acides : une histoire qui finira bien

En avril 1993, Ressources Sainte-Geneviève coulait son premier lingot « vert » avec l'or et l'argent oubliés dans les résidus miniers lors de l'exploitation de la mine Manitou près de Val d'Or. En effet, les résidus miniers ont été retournés au moulin de Norebec-Manitou pour être délestés des valeurs minérales qu'on n'avait pas pu extraire au moment de l'exploitation de la mine durant les années 40 à 80. Recycler ainsi les résidus miniers est une façon innovatrice de financer en partie la restauration des sites miniers exploités avant les contrôles environnementaux d'aujourd'hui.

Saviez-vous que la teneur moyenne d'une mine d'or est de quelques grammes par tonne ? Par exemple, la mine Doyon, en Abitibi, contient 5 g d'or par tonne de minerai. Le gisement Troilus contient 1,34 g d'or et 4,9 kg de cuivre par tonne de minerai. Cela signifie que l'on doit broyer une tonne de roche pour en extraire quelques grammes d'or. Et les mines de diamants ont des teneurs bien plus faibles.

## Prix de quelques métaux (en février 1996)

- 403,00 \$ US l'once d'or
- 5,69 \$ US l'once d'argent
- 421,00 \$ US l'once de platine
- 3,68 \$ US la livre de nickel
- 0,34 \$ US la livre de plomb
- 1,14 \$ US la livre de cuivre
- 0,47 \$ US la livre de zinc



# L'exploitation du graphite : un débat

Le graphite est la seule ressource minérale exploitée dans la région immédiate de la réserve, si l'on exclut les sables et les graviers. Cette exploitation amène un apport économique certain mais ne fait pas l'unanimité, car plusieurs citoyens craignent que celle-ci nuise à leur environnement.

## Stratmin Graphite inc. : une des seules mines de graphite en Amérique du Nord

En moins de deux ans, Stratmin inc. a exploré, découvert un gisement de graphite à Saint-Aimé-du-Lac-des-Îles, près de Mont-Laurier, et en a commencé l'exploitation. Un conte de fées de l'industrie minière quand on sait qu'il faut généralement 8 à 10 ans de travail entre le moment où l'on découvre une minéralisation intéressante et celui où l'on démarre l'exploitation. Les travaux de mise en valeur ont nécessité des investissements de 36 millions de dollars. Depuis son ouverture en 1989, la mine à ciel ouvert a donné de l'emploi à environ 75 personnes, dont 80 % ont été recrutées dans la région.

L'entreprise produit un concentré de graphite naturel cristallin en paillettes vendu dans plus de 15 pays du monde. Le graphite forme des paillettes brillantes dans des marbres très grenus et, ici et là, dans des quartzites. Le gisement contient des réserves de 3,7 millions de tonnes de minerai à une teneur de 6,3 % de carbone graphitique, assez pour 12 à 15 années d'exploitation.

## Le graphite : l'or gris de l'Outaouais

Le graphite est un minéral opaque, gris-noir, métallique, graisseux et très léger. On peut le rayer facilement avec l'ongle. Son prix peut varier entre 100 \$ et 2 000 \$ la tonne selon sa teneur, les impuretés et la catégorie. Par exemple, le graphite cristallin qu'on trouve dans l'Outaouais et qui a subi un métamorphisme intense a une valeur

commerciale beaucoup plus grande que le graphite amorphe qui est un charbon légèrement cuit.

Les utilisations du graphite sont multiples à cause de deux de ses propriétés. Il est chimiquement inerte, c'est-à-dire qu'il ne réagit ni aux acides, ni aux alcalis, et il résiste à des chaleurs extrêmes.

Autres utilisations (balais de moteurs électriques, batteries, graphite exfolié, peinture) 20,5 %

Mines de crayon 7 %

Lubrifiants 14 %

Fabrication de l'acier et saupoudrage de moules de fonderie 15 %

## L'exploration et l'exploitation minière et les préoccupations des citoyens

Maxime Leduc, géologue d'exploration pour Ressources Graphicor inc. (maintenant Indresco Canada inc.)

« Ressources Graphicor a dépensé plus de quatre millions de dollars en travaux d'exploration à la recherche de graphite dans la région. Mais, entre le moment où le gîte Diotte, à Lac-des-Îles, avait passé l'étape de la faisabilité et celui où il était prêt à entrer en production, le prix du graphite a chuté de 30 %. L'exploitation n'était plus rentable. Il est difficile de compétitionner avec la Chine, qui peut exploiter et livrer une tonne de graphite dans le port de Montréal pour 250 \$ alors qu'il nous en coûte 750 \$.

Fabrication de produits réfractaires (briques carbone-magnésie et creusets) 30,5 %

Nous nous sommes aussi butés au syndrome du « pas

dans ma cour ». Pourtant une mine de graphite a peu d'impact sur l'environnement et les compagnies minières sont très sensibilisées aux problèmes environnementaux. Comme les roches riches en graphite sont dans des carbonates, le problème de drainage minier acide des exploitations de l'Abitibi ne se pose pas ici. »

## Roger Fortier, pourvoyeur à Lac-des-Plages — Duhamel

« On devrait demander l'opinion des gens avant de chercher des mines. Il y a eu, d'après moi, un manque d'études, de planification et surtout de consultation. Des montagnes ont été dénudées pour chercher du graphite dans une région

très giboyeuse près de Duhamel. Puis le prix du graphite a chuté. On n'a pas de mine et on est pris avec une montagne dénudée car le site n'a pas été restauré. Ça a affecté la chasse, l'environnement. On ne nous a pas dit ce qu'est une mine. Personne n'est venu nous rencontrer pour nous parler des retombées positives de l'ouverture d'une mine, des protections prises pour ne pas endommager l'environnement. »

## Stéphane Rochon, employé de Stratmin Graphite inc.

« Quand Stratmin a recruté son personnel, j'ai décidé de tenter ma chance. J'en avais assez de travailler seulement quelques mois par année comme préposé de la faune. J'ai passé les étapes d'entrevue, de test, de formation. Je travaille à la mine depuis son ouverture en février 1990. On a remarqué que beaucoup d'employés ont depuis fondé une famille, se sont achetés une maison. Parce qu'enfin ils ont un emploi à l'année. Ce que j'aime le plus dans mon emploi, c'est le travail d'équipe nécessaire pour produire un concentré de graphite de la meilleure qualité possible. C'est notre mine. Je suis opérateur de flottaison. Je surveille les cuves où le graphite est séparé de la roche. »

## L'offre et la demande

Les principaux producteurs de graphite sont la Chine, le Brésil, l'ancienne URSS et la Corée du Sud. La Chine vient en tête. Elle fournit la moitié des 200 000 tonnes de graphite en paillettes qu'on utilise chaque année dans le monde, et ce à des prix très bas. En 1988, quand la Chine a eu des problèmes à remplir ses commandes, le prix du graphite a augmenté instantanément. À cause du prix alléchant, des compagnies d'exploration ont alors commencé à chercher des gîtes de graphite. Quelques années plus tard, la demande pour le graphite a diminué à cause de la récession. Actuellement, il y a un surplus de graphite et les prix ont chuté de 30 à 40 %.



# 1 000 kg de roches plus tard

Un rêve se concrétise : des enseignants de la région et des employés de la réserve faunique découvrent la géologie grâce aux 1,3 milliard d'années d'histoire de la réserve faunique. La boucle est bouclée : nos données sont entre vos mains.

Au départ, des chercheurs se sont intéressés à la géologie de la réserve faunique de Papineau-Labelle pour tester un modèle scientifique. La première étape du test était de cartographier les roches de la région.

## La liste des projets s'allonge

Depuis la journée de 1991 racontée en page 6, les données s'accumulent et de nouveaux projets se sont réalisés.

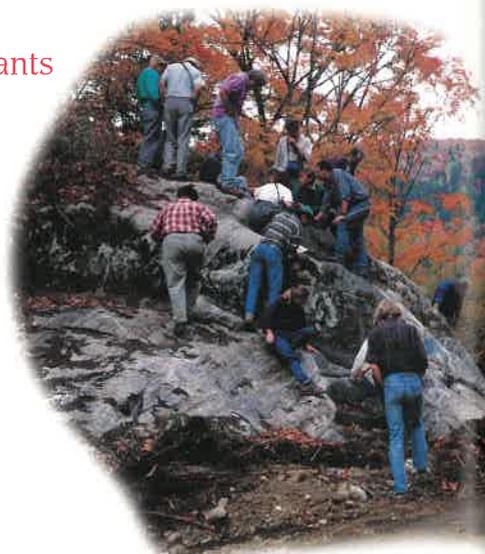
⇒ L'avion Skyvan de la Commission géologique du Canada a survolé la région et mesuré la radioactivité naturelle des roches et leur magnétisme.

⇒ Les images par satellite montrant la réserve ont été analysées (p. 34-35) et le satellite RADARSAT en prendra de nouvelles.

⇒ Les roches ont été datées (p. 32) et bien des modèles révisés. Nous sommes retournés faire des travaux plus détaillés dans les régions d'intérêt.

⇒ De nombreux collaborateurs se sont ajoutés. L'un de ceux-ci est Robert-André Daigneault, spécialiste des sédiments meubles.

⇒ Une compagnie minière s'est intéressée à la brèche de Rivard, la première du genre découverte dans la Province géologique de Grenville. L'affleurement de 1 m<sup>2</sup> est décapé sur 40 m de long, puis sur 100 m. Une thèse de doctorat et un projet de recherche de la Commission géologique du Canada, en collaboration avec la compagnie minière Les Ressources KWG inc., ont suivi (p. 24-25).



⇒ L'affleurement blanc est revisité. Il s'avère que c'est un type de roches très rare, riche en minéraux magnésiens et particulièrement recherché par les compagnies minières comme indicateur potentiel de minéralisation. Mais le métamorphisme est à des températures et à des pressions tellement hautes que la roche est presque méconnaissable. Y a-t-il d'autres roches de ce type ? La région pourrait-elle contenir des sulfures massifs ou de l'or ? Nous découvrons de la chalcopryrite, minéral de cuivre jaune, dans les zones rouillées de l'affleurement riche en grenat et magnétite (site 1659, p. 7). Les analyses géochimiques confirment que cette roche contient 6 000 parties par million (ppm) de cuivre. La compagnie minière qui a jalonné le filon et les roches autour possède un indice de cuivre sur sa propriété.

Voici un bel exemple de contribution de la cartographie géologique. On cartographie une région que les compagnies minières évitent systématiquement parce qu'elles s'attendent à y trouver seulement des gneiss granitiques. On découvre un indice de cuivre dans des

roches possiblement volcaniques, très intéressantes pour leur potentiel économique.

Mais de là à avoir trouvé une mine, on est bien loin de la coupe aux lèvres (p. 54-55). D'ailleurs le but premier du projet est d'acquérir des données géoscientifiques de base. Celles-ci aideront à cibler l'exploration minière, à comprendre l'évolution de notre planète, à découvrir et gérer les eaux souterraines, à maximiser l'aménagement de notre territoire en respectant l'environnement et à prévenir les risques naturels.

Mais que faire des superbes affleurements cartographiés à part les montrer à une quarantaine de géologues dans le cadre d'excursions scientifiques ? Les montrer au grand public, lui faire découvrir le travail des géologues, le sensibiliser à l'importance des sciences de la Terre pour la qualité de notre vie. Comment ? Avec des fonds du programme Étalez votre science du ministère de l'Industrie, du Commerce, de la Science et de la Technologie. Ainsi est né un nouveau programme en partenariat avec l'INRS-Géoresources, la Commission géologique du Canada et le ministère de l'Environnement et de la Faune. C'est grâce, entre autres, à ces partenaires que vous tenez entre les mains cette brochure.

## Un nouvel éclairage, une nouvelle vision

Avec ce programme de vulgarisation, l'équipe s'enrichit d'une recrue, Pierrette Tremblay. Elle est l'une des premières femmes à obtenir un baccalauréat en génie géologique d'une université



québécoise. C'était en 1971. Enfant, elle n'avait pourtant jamais collectionné de cailloux. Elle a aujourd'hui le goût que tous les enfants se fascinent pour les roches et les minéraux car la géologie, c'est une excellente porte d'entrée pour les sciences. Et elle essaie de trouver les bons mots pour raconter les dernières découvertes des chercheurs.



## Les travaux de cartographie s'achèvent.

L'étudiante de 1992, fraîchement diplômée, rêve de faire de l'exploration minière dans son pays d'origine, la Guyanne, et d'appliquer les méthodes d'exploitation modernes qui respectent l'environnement (p. 54-55). Elle sait qu'elle possède les qualités essentielles pour devenir géologue : le sens d'observation, la curiosité, la vision spatiale, l'esprit d'analyse et le goût du grand air et de l'aventure.

## Et puis un projet de sensibilisation en amène un autre

C'est ainsi que, de fil en aiguille, après avoir donné des ateliers à des groupes scolaires, nous avons voulu faire découvrir la réserve et son sous-sol à des enseignants de la région. « Nous ne verrons plus les roches et la réserve de la même manière », nous ont dit les enseignants et les employés de la réserve à la fin de ce séjour inoubliable du 24 au 26 septembre 1994.



## De quoi sera fait demain ?

Réchauffement de la planète, destruction de la couche d'ozone, érosion des sols, contamination de l'eau souterraine : autant de questions qui préoccupent quotidiennement le grand public et les géologues.

Les études de changements globaux ont montré que des fluctuations dans notre climat se produisent naturellement. Mais les changements importants dans notre environnement depuis la révolution industrielle sont attribuables en grande partie à l'activité humaine.



Saviez-vous qu'une famille nord-américaine typique consomme 15 fois plus de ressources qu'une famille d'un pays en voie de développement ?

Il nous faut donc gérer nos ressources sagement : c'est le développement durable.

### Que pouvons-nous faire ?

*Réduire notre consommation.*

*Réutiliser.*

*Recycler.*

*Mieux utiliser.*

Le principal problème auquel nous aurons à faire face est celui de la surpopulation. La population de la planète aura doublé en 30 ans seulement. Comment nourrirons-nous les six milliards d'habitants de l'an 2000 si nous n'avons pas d'eau potable ? Déjà pour 40 pays, l'approvisionnement en eau potable est problématique. Et si nous continuons à détruire notre sol au rythme de 1 % par année, notre planète ne pourra tout simplement pas subvenir à autant d'êtres humains.

## La Terre, notre habitat à tous

### La Terre, fascinante

avec une histoire de 4,5 milliards d'années à décortiquer, à reconstituer.

### La Terre, généreuse

qui offre toutes les ressources essentielles à notre vie moderne.

### La Terre, dynamique

avec son passé mouvementé, son présent agité.

Son avenir dépend de nous.

## Quelques suggestions

Dans l'Outaouais et les Laurentides, on découvre aujourd'hui l'écotourisme. Cette forme de tourisme nous permet en même temps de nous détendre et de mieux connaître notre milieu naturel.

### La réserve faunique de Papineau-Labelle et ses rallyes

Rallyes géologiques, cartographie de la faune, activité d'observation « La piste fraîche », randonnées pédestres : les activités ne manquent pas dans la réserve faunique de Papineau-Labelle.

### Des cavernes à explorer

La Société québécoise de spéléologie a dénombré une cinquantaine de cavernes creusées dans les marbres dans la région de l'Outaouais. Celles-ci présentent une allure bien différente des cavernes dans les calcaires des basses terres du Saint-Laurent juste au sud, en Ontario. Elles offrent des coloris allant du blanc très pur au gris bleuté, en passant par le rose, et des formes très arrondies.

Formés surtout de calcite, les marbres s'érodent facilement. En effet, les eaux de pluie ou de fonte, légèrement acides, s'infiltrent le long de fractures, les élargissent en dissolvant le calcaire. Dans des situations exceptionnelles, se développent ainsi des cavernes.

### Les cavernes les plus accessibles au grand public

Découverte en 1865, la caverne Laflèche a constitué une attraction touristique importante de 1923 à 1973. Après une période d'oubli, la municipalité de Val-des-Monts l'exploite à nouveau en se voulant respectueuse de ce milieu mystérieux de galeries, de salles et de puits souterrains. Quelle belle façon de s'initier à la spéléologie !

La grotte de Lusk, dans le parc de la Gatineau, s'est développée dans une lentille de marbre. On peut y explorer 320 m de galeries.

### Caverne ou grotte ?

Le mot « caverne » désigne toute cavité naturelle où il y a obscurité totale. Une grotte, c'est une variété de caverne qui a été creusée par l'action de l'eau.

### De nombreux sites pour collectionner les minéraux



Apatite, calcite, diopside, feldspath, graphite, magnétite, mica, voilà quelques-uns des minéraux de la région de l'Outaouais qui font la joie des collectionneurs. Pour en savoir plus, consultez les guides mentionnés dans la liste des bonnes lectures (p. 62).

La caverne Laflèche, la plus grande caverne du Bouclier canadien



## Les bonnes lectures et . . .

Poursuivez votre découverte des sciences de la Terre.  
Les ouvrages et les adresses qui suivent vous y aideront.

En plus de tous les articles scientifiques que nous avons consultés, les ouvrages suivants ont été nos outils de références généraux :

📖 Hamblin, W.K. (1992). *Earth's Dynamic Systems*, 6<sup>e</sup> éd., New York, Macmillan Publishing Company, 647 pages.

📖 Landry, B., Mercier, M. (1992). *Notions de géologie*, 3<sup>e</sup> éd., Modulo Éditeur, 564 pages.

📖 Lutgens, F.K., Tarbuck, E.J. (1989). *Essentials of Geology*, Columbus (OH), Merrill Publishing Company, 378 pages.

📖 Plummer, C.C., McGary, D. (1985). *Physical Geology*, 3<sup>e</sup> éd., Dubuque (IA), Wm. C. Brown Publishers, 513 pages.

### Les bonnes lectures

Plusieurs ouvrages vous permettront de poursuivre votre découverte des sciences de la Terre. Voici nos préférés.

Dans la collection « Les yeux de la découverte », Gallimard offre des livres magnifiquement illustrés : *Roches et Minéraux*, *L'Énigme des fossiles*, *Le Temps des dinosaures*, *Volcans et tremblements de terre*, *Les Premiers Hommes*.

*Le Québec au naturel. Carte et guide des régions naturelles du Québec*, Les Publications du Québec.

*Carte géotouristique. Géologie du Sud du Québec, du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie*, Les Publications du Québec.

Van Rose, S. (1991). *La Terre*, Gallimard coll. « Passion des sciences », 64 pages. Illustrations magnifiques.

Sabina, Ann P. (1987). *Roches et minéraux pour le collectionneur. Hull-Maniwaki, Québec. Ottawa-Peterborough, Ontario*, Commission géologique du Canada, rapport divers, 41 pages.

Boivin, Daniel J. (1985). *Roches et minéraux du Québec. Guide d'excursion pour le collectionneur*. Conseil de développement du loisir scientifique, 4545, av. Pierre-de-Coubertin, C.P. 1000, succursale M, Montréal (Québec), H1V 3R2. Tél. : (514) 252-3027.

### Sur des sujets plus particuliers

📖 *Pierre par pierre* de Christy Vodden. Publié et distribué gratuitement par la Commission géologique du Canada. Cet ouvrage de 58 pages raconte les 150 ans d'histoire de la Commission géologique du Canada.

📖 *Canada Sismicité*. L'atlas national du Canada du Bureau des cartes du Canada, Ressources naturelles Canada, Ottawa, carte MCR 4171F.

📖 *Votre maison résisterait-elle ?*, Société canadienne d'hypothèques et de logement. Dépliant gratuit.

📖 *Les volcans*, écrit en 1979 par M.B. Lambert et publié par le Cercle du Livre de France conjointement avec Énergie, Mines et Ressources Canada. Disponible à la Commission géologique du Canada.

📖 *Guide pratique d'identification des minéraux*. Les Publications du Québec, C.P. 1005, Québec (Québec), G1K 7B5. Tél. : (418) 643-5150.

📖 *Géologie pour tous - Québec*. Centre géoscientifique de Québec. Carte-brochure de 16 pages sur la géologie de la région de Québec.

## . . . les bonnes adresses

### Des musées

#### Écomusée de Hull

170, rue Montcalm  
Hull (Québec)  
J8X 2M3  
(819) 595-7790

Une appréciation des fondements de la vie et une fenêtre sur l'histoire d'une collectivité.

#### Musée canadien de la nature

240, rue McLeod  
Ottawa (Ontario)  
(613) 566-4730

Le Musée canadien de la nature offre une collection de minéraux spectaculaire, des expositions magnifiques et un programme éducatif d'excellente qualité.

#### Musée Redpath

Université McGill  
859, rue Sherbrooke Ouest  
Montréal (Québec)  
H3A 2K6  
(514) 398-4086  
<http://www.mcgill.ca/redpath>

Dans le plus vieil édifice muséologique au pays, découvrez une illustre collection de minéraux de la fin du siècle dernier.

### Des organismes

#### Caverne Lafèche

Route 307 nord  
Val-des-Monts (Québec)  
J0X 2R0  
(819) 457-4033

Il faut réserver pour une visite guidée de la caverne. Explorez aussi l'environnement écologique du site grâce à 3 km de sentiers pédestres.

#### Centre écologique d'Arundel

75, chemin de Barkmere  
Arundel (Québec)  
J0T 1A0  
(819) 687-9611

Un camp d'été pour les jeunes débrouillards. En participant à des activités typiques des camps de vacances, les jeunes s'initient à la nature qui les entoure.

#### Club de minéralogie de Montréal

C.P. 305  
Succursale Saint-Michel  
Montréal (Québec)  
H2A 3M1  
(514) 729-6416

Le club de minéralogie organise plusieurs activités : salon annuel des pierres et minéraux, excursions à divers sites de collection, conférences.

#### Société québécoise de spéléologie

4545, av. Pierre-de-Coubertin  
C.P. 1000, succursale M  
Montréal (Québec)  
H1V 3R2  
1 800 338-6636

La société québécoise de spéléologie peut vous renseigner sur les cavernes de la région. Il est aussi possible d'organiser une visite guidée de certains sites avec un spécialiste.

### Des ressources gouvernementales

#### Bureau des cartes du Canada

130, rue Bentley  
Nepean (Ontario) K1A 0E9  
(613) 952-7000  
<http://www.ccrs.emr.ca/linc/ps/indexe.html>

Vous pouvez obtenir l'index des cartes topographiques de tout le Canada ainsi que la liste des distributeurs dans votre région. Le coût des cartes est d'environ 10 \$.

#### Centre canadien de télédétection

588, rue Booth  
Ottawa (Ontario) K1A 0E4  
(613) 947-1216  
<http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/>  
Dépliants, brochures et affiches vous informeront des nombreuses utilisations de la télédétection.

#### Centre géoscientifique de Québec

2535, boulevard Laurier  
C.P. 7500  
Sainte-Foy (Québec)  
G1V 4C7  
(418) 654-2677

Le Centre géoscientifique de Québec réalise plusieurs documents et activités dans le cadre de son volet grand public.

#### Commission géologique du Canada

Bureau de distribution  
601, rue Booth  
Ottawa (Ontario)  
K1A 0E8  
(613) 995-4342  
<http://www.emr.ca/gsc/>

La Commission géologique du Canada offre au grand public plusieurs documents gratuits : dépliants d'information sur les tremblements de terre; affiches sur les minéraux, les fossiles, les roches, les pierres gemmes.

#### Ministère des Ressources naturelles du Québec

#### BUREAU RÉGIONAL MONTRÉAL-LAURENTIDES

Complexe FTQ  
545, boul. Crémazie Est  
Bureau 1110  
Montréal (Québec)  
H2M 2V1  
(514) 873-8814  
<http://www.mrn.gouv.qc.ca/>  
Plusieurs affiches, cartes et guides sont destinés au grand public.

#### PHOTOCARTHÈQUE QUÉBÉCOISE

5700, 4<sup>e</sup> Avenue Ouest  
Local B-200  
Charlesbourg (Québec)  
G1H 6R1  
(418) 643-7704

Vous pouvez y commander des cartes topographiques à l'échelle 1 : 20 000 et des photographies aériennes.

#### Protection civile Canada

250, Grande-Allée Ouest  
Bureau 701  
Québec (Québec)  
G1R 2H4  
(418) 648-3111  
<http://hoshi.cic.sfu.ca/epc>  
**Quoi faire en cas de tremblements de terre, d'inondations ? Les dépliants de Protection civile Canada vous renseignent.**



# La réserve faunique de Papineau- Labelle : à voir



## Que rencontrerez-vous au hasard d'une randonnée dans la réserve faunique de Papineau-Labelle ?

Un loup en plein milieu d'une route de bois ?

Quatre grands pics perchés ?

Deux orignaux à la brunante au bord d'un marécage ?

Un ours qui se sauve à toute vitesse ?

Un castor qui n'apprécie pas d'être observé et qui proteste en tapant de la queue ?

Une maman loutre et son bébé ?

En tout cas, c'est presque certain, vous verrez des chevreuils, des grands hérons, des porcs-épics.

## Qu'entendrez-vous ?

Quelques-unes des 160 espèces d'oiseaux répertoriées dans la réserve – dont une vingtaine d'espèces de parulines. Elles vous émerveilleront durant votre séjour.

• Vous y admirerez, c'est sûr, des paysages typiques des Laurentides méridionales.

• Des collines arrondies qui s'élèvent à une altitude moyenne de 475 m.

• Des essences feuillues telles que l'érable à sucre, le chêne rouge, le hêtre, le bouleau jaune, le frêne, l'orme et le bouleau blanc.



• Des peuplements de résineux composés de pin blanc, de pin rouge, d'épinette noire, de sapin, de pruche, d'épinette blanche et de mélèze.

• Une forêt mixte extrêmement propice aux populations de cerfs de Virginie, aux orignaux et à la plupart des animaux à fourrure.

Bien sûr, vous pourrez aussi vous baigner, faire du canot, du camping rustique ou pique-niquer à une halte routière. Vous pourrez aussi séjourner dans un de ses nombreux chalets.

*Bon séjour !*

## Pour plus de renseignements sur la réserve faunique de Papineau-Labelle

### Réserve faunique de Papineau-Labelle

Val-des-Bois (Québec)

J0X 3C0

(819) 454-2013

adresse électronique : [sepaqpl@magi.com](mailto:sepaqpl@magi.com)

<http://infoweb.magi.com/~sepaqpl/reserve.htm>

Graphisme et infographie : Pouliot, Guay graphistes

Illustrations : Jean-Michel Girard, Michel Guay

Dessins de la loutre : Jean-Michel Girard

Révision linguistique : Ginette Trudel

Photogravure et impression : Litho Acme Québec

Photographies : Louise Corriveau, Pierrette Tremblay (sauf indication contraire)

Photo de la page couverture : La chute du Diable et le pont des Secrets au sentier écologique « Le Petit Castor ». Ce sentier, géré par la municipalité de Lac-du-Cerf, est l'un des nombreux sites d'intérêt dans la région immédiate de la réserve faunique de Papineau-Labelle.

De nombreux collaborateurs et collaboratrices n'ont pas hésité à donner avec enthousiasme temps et énergie pour nous aider à la tâche. Nous leur en sommes reconnaissants. Toutefois, les auteurs assument l'entière responsabilité du contenu de cet ouvrage.

### Ont participé à la rédaction :

Christian Bégin (p. 46-47), Guillaume Couture (p. 48-49), Tingxian Li (p. 39), David Morin (p. 24-25), Benoit Rivard (p. 34-35).

### Ont fait partie du comité de révision :

Max Bauchet, Maryse Bérubé, Madeleine Brown, Richard Désy, Michel Gauthier, Anna Guyen, Andrew Hynes, Denis Landry, André Lalonde, Diane Lespérance, Lise Michard, Gilbert Prichonnet, Louise Tassé, Maryse Tellier, Maxime Tellier, Nicolas Wampack.

### Ont généreusement partagé leur expertise :

Claudine Allard, Katherine Boggs, Ghislain Deschênes (p. 56-57), Keith Dewing (p. 8-9), André Hébert, Don Hogarth (p. 52-53), Henri-Louis Jacob (p. 56-57), Maurice Lamontagne (p. 10-11), Denis Lavoie (p. 20-21), René Lefebvre (p. 48-49), Florence Mainguy, F. Fitz Osborne, Éline René, Ann Sabina, Normand Tassé, Alain Tremblay, Robert Tremblay (p. 54-55), Otto van Breemen (p. 32-33), Jerry Van Velthuizen (p. 52-53).

Merci à tous nos collègues du Centre géoscientifique de Québec. Ils ont tous été engagés, de près ou de loin dans ce projet. Nous tenons aussi à souligner l'enthousiasme des étudiants et étudiantes qui nous ont assistés sur le terrain entre les années 1990 et 1994.

On peut se procurer des copies additionnelles de cette brochure à l'adresse suivante :

### Centre géoscientifique de Québec

2535, boul. Laurier, C.P. 7500

Sainte-Foy (Québec)

G1V 4C7

Téléphone : (418) 654-2677

Télécopieur : (418) 654-2615

Adresse électronique : [cgq@gsc.emr.ca](mailto:cgq@gsc.emr.ca)

Découvrez les sciences de la Terre grâce aux roches, aux graviers et aux paysages de la réserve faunique de Papineau-Labelle, au cœur de l'Outaouais et des Laurentides.

Dechiffrez le passé mouvementé de notre planète et son présent non moins agité.

Partagez la passion qui anime les chercheurs.

Dans cet ouvrage, trois géologues et un graphiste vous racontent comment, pourquoi et où les roches se forment et vous font découvrir l'héritage des glaciers.

#### SAVIEZ-VOUS QUE...

- Il y a une centaine d'années, la région de l'Outaouais était l'un des districts miniers les plus actifs au pays ?
- L'eau peut voyager sous terre durant de très longues années avant de se retrouver dans votre verre ?
- Il y a environ 18 000 ans, la région était ensevelie sous plusieurs centaines de mètres de glace ?
- Nous sommes de grands consommateurs de minéraux ?
- L'écorce de la Terre est découpée en une vingtaine de plaques qui sont en mouvement constant ?
- La plupart des tremblements de terre et des volcans sont localisés à la jonction de ces plaques ?
- Il y a 1,3 milliard d'années, la réserve faunique était peut-être une île volcanique ?

Chose certaine... vous ne verrez plus les roches de la même manière.

Cet ouvrage est une réalisation grand public du Centre géoscientifique de Québec, qui réunit des chercheurs de l'Institut national de la recherche scientifique et de la Commission géologique du Canada. Ceux-ci étudient le système terrestre sous tous ses angles en fonction des besoins de la société.

**cgq** centre  
géoscientifique  
de Québec



Université du Québec  
**Institut national  
de la recherche scientifique**  
INRS-Géoressources



Ressources naturelles  
Canada  
Commission géologique du Canada  
CGC-Québec

Natural Resources  
Canada  
Geological Survey of Canada  
GSC-Québec

**CGC/GSC QUEBEC**



QSF1G 10020329

# Rallées géologiques

Voici votre chance de jouer au géologue.

Nos rallées font appel à votre sens de l'observation et vous amènent à découvrir les principaux types de roches de la réserve faunique et leurs caractéristiques.

Les pictogrammes suivants vous serviront de repères :

Observez le paysage le site de plus près

Touchez ou ramassez

Plus de détails dans la brochure

## Circuit de la muraille

À la découverte des roches métamorphiques et des roches ignées

Départ de l'accueil Gagnon (sites 1 à 8; parcours de 51,8 km)

**0,0 km Roulez vers le nord à partir de l'accueil Gagnon.**

**0,4 km Tournez à gauche sur la route 6, en direction ouest.**

**2,2 km Tournez à droite sur la route 3, en direction nord.**

**4,3 km Tournez à gauche sur la route 4, en direction ouest.**

En longeant le lac Devlin, on aperçoit vers l'est la muraille du mont Devlin. Cet escarpement rocheux est probablement le plan d'une faille ancienne.

**SITE 1 10,5 km**

Affleurement vis-à-vis le lac de la Muraille où l'on observe, de gauche à droite :

- un gneiss pâle riche en grenat rouge et pyroxène brun
- un marbre contenant de nombreux fragments de roches blanches
- une bande d'amphibolite noire d'environ 3 m d'épaisseur recoupée par de petites veines de pegmatite.

Rayez ces roches avec la lame d'un canif. On peut facilement rayer le marbre mais pas ses fragments ni les autres roches. Les fragments sont plus résistants à l'érosion que le marbre parce qu'ils sont plus durs.



**SITE 2 11,0 km**

À droite de la route, affleurement de marbre riche en mica doré (phlogopite). La roche est très friable parce qu'elle est très altérée. La présence de sulfures de fer lui donne sa couleur rouillée.

Les débris de mica, de graphite et de calcite autour de l'affleurement proviennent de la désagrégation du marbre : c'est le début de la formation d'un sol.

**SITE 3 11,3 km**

À droite de la route, escarpement typique d'affleurements trouvés dans la forêt.

La couche de lichens et l'altération compliquent l'identification des roches et des minéraux. Par contre, on voit très bien que les roches sont plissées, tordues et brisées.

**20,0 km Tournez à gauche sur la route du lac de la Barbiche.**

Les sables et les graviers sur lesquels vous conduisez se sont déposés dans un grand lac qui s'est formé après la fonte du glacier.

**SITE 4 24,7 km**

À droite, affleurements de quartzite gris, contenant des couches de gneiss rouillé, recoupés par des filons de pegmatite.

Qu'est-ce qui nous indique que ces roches ont subi une déformation importante ?



Identifiez le mica noir et le grenat abondants dans le gneiss rouillé.

Quelle est l'origine des trous dans le quartzite ? Le quartz est très résistant à l'érosion et très stable; par contre, les autres minéraux le sont beaucoup moins et ils ont été érodés; c'est le phénomène de l'érosion différentielle.

**27,8 km Tournez à gauche sur la route 3, en direction nord.**

**28,2 km Tournez à droite sur la route du Chevreuil, en direction est.**

**SITE 5 29,9 km**

Magnifiques affleurements arrondis de monzonite. Le magma à l'origine de cette roche ignée consistait en un mélange de cristaux de feldspath et de roche fondue. Il s'est infiltré dans les gneiss de la région, il y a 1165 millions d'années.

Remarquez la différence de couleur entre la cassure fraîche (gris rose foncé) et la surface altérée (rose), ainsi que la forme de l'affleurement causée par le passage du glacier.

Observez l'alignement des cristaux de feldspath. Il représente probablement la direction d'écoulement du magma.

**SITE 6 30,1 km**

Affleurement à gauche de la route. La monzonite contient ici de nombreux fragments de roches dont les dimensions varient de quelques centimètres à quelques mètres. Ces fragments comprennent des quartzites, des roches vert sombre riches en pyroxène et des roches ignées grises à grain fin.

Comment expliquez-vous la présence de tous ces fragments ?



Trouvez la tourmaline, un minéral noir allongé, et la magnétite, attirée par l'aimant, dans les filons de pegmatite.

**Faites demi-tour pour revenir à la route 3.**  
**Tournez à droite sur la route 3, en direction nord. Remettez l'odomètre à zéro.**

**SITE 7 13,3 km**

Sentier du mont Devlin. Celui-ci conduit à un panorama superbe. Le quartzite et le gneiss rouillé à graphite affleurent dans la première partie du sentier. Au sommet, le gneiss granitique forme un cap rocheux arrondi par les glaciers.

**Continuez le long de la route 3 jusqu'à la halte routière du lac Ernest où se termine ce circuit.**

**SITE 8 19,8 km**

Halte routière du lac Ernest. Une belle plage de sable et une eau cristalline vous invitent à la baignade. Les pointes de sable qui s'avancent dans le lac représentent des vestiges de moraines, des bourrelets de matériel laissé par les glaciers.

Ouvrez-moi!

Une histoire fascinante est inscrite dans mes pages : c'est celle des roches de la réserve faunique de Papineau-Labelle. Mes rallées géologiques vous mèneront à des sites spectaculaires, et, qui sait, vous apercevrez peut-être un chevreuil, un orignal...

- Rallées
- Histoire des roches
- Carte géologique
- Quelques mots sur les minéraux

Pour vous mettre dans l'ambiance, répondez au géo-quiz qui suit!

## Géo-quiz

**1** Les géologues étudient les roches pour retracer l'histoire de la Terre.

**2** Les roches de la réserve faunique sont très jeunes : elles se sont formées il y a quelques milliers d'années.

**3** On peut trouver des fossiles dans ces roches.

**4** Des tremblements de terre secouent périodiquement la région.

**5** On peut mesurer précisément l'âge des roches, soit à plus ou moins un million d'années.

**6** Il y a 10 000 ans, une mer a envahi la région du lac Gagnon.

**7** Le granite est exploité comme pierre de taille à proximité de la réserve.

**8** Les minéraux ne servent à rien et leur exploitation endommage l'environnement.

**9** On trouve des roches métamorphiques et des roches ignées dans la réserve.

**10** Les glaciers ont enseveli la région à plusieurs reprises au cours du dernier million et demi d'années.

**11** Le quartz est rare dans la réserve faunique.

**12** Vous utilisez le graphite dans votre vie de tous les jours.

Les réponses à ces questions se trouvent à l'endos du dépliant. **4 bonnes réponses ou moins** : C'est une belle participation ! Vous aurez du plaisir à découvrir la géologie en vous adonnant à nos rallées dans la réserve faunique. **Entre 5 et 8** : Bravo ! vous semblez être familier avec certains aspects de la géologie, ce que vous pourrez confirmer lors de votre visite. Bonne promenade ! **Entre 9 et 12** : Félicitations ! D'autres défis vous attendent à travers les différents rallées que nous vous proposons. Bonne balade !



Ce dépliant a été réalisé par **INRS-Géoresources**

dans le cadre du programme *Étalez votre science* du ministère de l'Enseignement supérieur et de la Science (MESS) en collaboration avec la Commission géologique du Canada (CGC) et le ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche du Québec (MLCP).

On peut se procurer des exemplaires de ce dépliant au Centre de documentation Centre géoscientifique de Québec 2700, rue Einstein, C.P. 7500 Sainte-Foy (Québec) G1V 4C7 Téléphone : (418) 654-2677 Télécopieur : (418) 654-2615

**Réalisation** : Pierrette Tremblay, Louise Corriveau, Robert-André Daigneault  
**Révision** : Solange Deschênes  
**Géographie** : Pouliot Guay, graphistes  
**Dessins techniques par ordinateur** : Nicolas Lepage, Pierre Bellavance  
**Infographie** : Info 1000 Mots inc.  
**Photogravure** : Centre Photo-Litho CPL inc.  
**Impression** : Imprimerie Canada inc.

# Géologie de la réserve faunique de Papineau-Labelle

Rallées géologiques

... tout un monde sous nos pieds

## Circuit du chevreuil

Des roches qui cassent, des roches qui plient

Départ de l'accueil Gagnon (sites 9 à 15; parcours de 42,2 km)

**0,0 km Roulez vers le nord à partir de l'accueil Gagnon.**

**0,4 km Tournez à droite sur la route 6, en direction est.**

**SITE 9 4,1 km**

Affleurement à gauche de la route. Les filons de granite et de pegmatite roses sont en relief parce qu'ils sont plus résistants que l'amphibolite qui les contient.

**SITE 10 6,9 km**

Affleurement à droite, à l'intersection avec une route de chalet.

Quelle différence notez-vous entre cet affleurement et le précédent ?

Cette amphibolite très foncée est beaucoup plus plissée et étirée et contient beaucoup plus de granite que celle du dernier arrêt. Nous traversons maintenant une zone où les roches sont extrêmement déformées.

**8,1 km Intersection avec la route 64. Continuez sur la route 6, en direction est.**

**SITE 11 10,1 km**

À droite, affleurement d'amphibolite dont la surface est lisse et couverte de stries finement espacées.

Touchez à cette surface. Que signifient ces stries ?



Quelquefois, les affleurements montrent une pente douce d'un côté et une pente abrupte de l'autre. Cette caractéristique nous renseigne sur le sens de l'écoulement du glacier. Celui-ci s'est écoulé de la pente douce vers la pente abrupte, où il a arraché un morceau d'affleurement.

**12,2 km Entrée Castor. Faites demi-tour jusqu'à l'intersection de la route 64.**

**Tournez à droite sur la route 64. Ramenez l'odomètre à zéro.**

**SITE 12 0,3 km**

Coupe d'environ 6 m d'épaisseur dans une argile sableuse stratifiée.

Touchez et manipulez ce sédiment déposé dans la Mer de Champlain, il y a 10 000 ans.

## Circuit des voyageurs

Géologie et canot-camping

Départ du chalet des Sept Frères (sites 16 à 18)

**SITE 16**

Petite île de monzonite à l'extrémité nord du lac. Cette roche rose forme des escarpements de quelques mètres de haut.

Remarquez comme la roche est homogène et peu fracturée.

Touchez sa surface rugueuse. Mesurez la longueur des cristaux de feldspath rose. Ceux-ci se sont formés alors que la roche était encore en partie liquide, ce qui explique leurs formes rectangulaires bien développées.

## Mode d'emploi pour une balade sécuritaire et agréable

- Vérifiez l'état des routes auprès des préposés aux centres d'accueil.
- Une loupe, un aimant, un canif vous permettront d'apprécier les différents sites que nous vous proposons.
- Ayez en main la carte routière de la réserve, plus détaillée que notre carte géologique.
- Rappelez-vous que plusieurs routes de la réserve donnent accès à des secteurs de coupe forestière. Soyez prudent.

**SITE 13 7,8 km**

À gauche, un filon de gabbro gris recoupe des amphibolites et des gneiss granitiques roses.

Y a-t-il une différence entre la bordure du filon et son centre ?



**SITE 14 8,7 km**

À gauche, gneiss gris pâle et amphibolite noire, plissés de façon spectaculaire.



Quelle roche est la plus jeune ?



**Retournez à l'accueil Gagnon. Poursuivez environ 400 m au sud de l'accueil.**

**SITE 15**

À droite, sablière. Il y a 10 000 ans, le lac Gagnon s'élevait à plus de 10 m au-dessus de son niveau actuel et formait une baie de la Mer de Champlain. Ici, les sables transportés par la rivière Ernest se sont jetés dans le plan d'eau plus calme qu'était cette mer, pour former un delta. Ce dépôt d'aspect triangulaire s'étend jusqu'au lac Gagnon.

Que remarquez-vous si vous passez un aimant dans le sable. Les petits grains de magnétite sont attirés par l'aimant. Mais d'où provient cette magnétite ? De l'érosion des roches de la réserve, du gabbro entre autres.

## Circuit des mordus

Les roches les plus exotiques de la réserve

Départ de l'accueil Louvigny (sites 19 à 24; parcours de 32,3 km)

**De l'accueil Louvigny, dirigez-vous vers le sud sur la route 3.**

**À l'intersection avec le ruisseau du Diable, remettez l'odomètre à zéro.**

**1,1 km À l'intersection avec la route 38, continuez le long de la route 3.**

**SITE 19 2,7 km**

Entre l'intersection avec la route 38 et la halte routière du lac Kar-Hakon, la route 3 est construite sur un esker, un dépôt de sable laissé là par une rivière sous glaciaire. Voyez comme les pentes sont abruptes de chaque côté de la route : c'est que les parois de glace qui limitaient cette rivière ont disparu. Cet esker s'étend jusqu'à l'est de Kiamika. Il représente une importante source de sable et de gravier pour la région. On peut l'observer à la halte routière où il forme une longue crête qui traverse le lac Kar-Hakon.

**4,3 km Deux routes mènent aux lacs Toncamp, Sardine et Coindrelle. Prenez la deuxième et remettez l'odomètre à zéro.**

**2,5 km et 6,9 km Gardez la gauche à ces embranchements.**

**SITE 20 7,0 km**

Affleurement rouillé riche en graphite à droite de la route. Une compagnie minière évalue le potentiel en graphite des terrains environnants.

Que remarquez-vous quand vous passez les doigts sur cette roche ? Cela vous rappelle-t-il la mine de votre crayon ?

**SITE 21 7,7 km**

Affleurement à gauche, à l'intersection de la route du lac Pimodan. Ces gneiss rubanés contiennent du grenat, du graphite et de la sillimanite, un minéral en forme d'aiguilles blanches.



Les petites veines de granite parallèles aux couches représentent la roche fondue. Ces veines ont généralement une mince bordure noire où sont concentrés les minéraux qui n'ont pas fondu, généralement le mica.

**Reprenez la route à droite.**

## Circuit des collectionneurs

Des souvenirs plein vos poches !

Départ de l'entrée Smallian (sites 25 à 31; parcours de 37,6 km)

**0,0 km À partir de l'entrée Smallian, suivez la route 1, en direction nord.**

**SITE 25 0,2 à 0,6 km**

Des affleurements de marbre et de marbre impur montrent une minéralogie très intéressante : calcite (minéral blanc dominant), phlogopite (mica doré), serpentine (vert olive), apatite (vert bleuté), pyroxène (vert foncé), wilsonite (rose violacé), quartz.

**SITE 26 1,5 à 1,9 km**

Coupe à gauche de la route. Observez le quartzite avec des couches minces riches en mica noir. La roche se débite facilement le long des lits riches en mica, ce qui donne une couleur noire à l'affleurement. Les couches sont presque verticales. À l'origine, les quartzites étaient des sédiments déposés en couches horizontales. Ce sont les plis et les failles qui les ont rendus verticales.

**SITE 27 2,9 km**

À gauche, affleurement de marbre impur. Le léger plissement des couches est de toute beauté. Admirez !



**SITE 28 4,0 km**

À droite, gneiss recoupé par des filons sombres et par de nombreuses veines et filons roses de granite et de pegmatite. Un filon presque horizontal trompe l'œil.

**SITE 22 10,3 km**

À gauche, affleurement de quartzite blanc contenant des minéraux hors de l'ordinaire.

Trouvez le quartz (gris pâle), le feldspath (blanc), le pyroxène (brun pâle), la tourmaline (noire), la cordiérite (bleutée), la kornéropine (verte).

**SITE 23 10,7 km**

Affleurement de part et d'autre de la route. Voici le filon le plus spectaculaire de la réserve. Du magma est monté en flèche en cassant tout sur son passage et en entraînant des milliers de fragments de roches. Les petits fragments foncés viennent d'une profondeur pouvant atteindre 150 km. Les plus gros viennent de tout près de la surface : vous avez vu les mêmes types de roches aux sites 21 et 22. Plusieurs de ces fragments ont été échantillonnés.



Examinez le contact du filon avec le gneiss granitique. Quelle est la dimension du plus gros fragment que vous avez trouvé ? Notez vous des différences d'une partie du filon à l'autre ? d'un fragment à l'autre ?

**Faites demi-tour pour revenir à la route 3. Tournez à gauche sur la route 3, en direction sud. Remettez l'odomètre à zéro.**

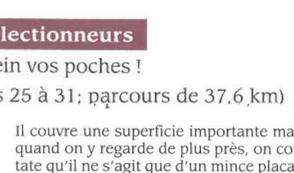
**0,1 km Tournez à gauche sur une petite route accessible seulement aux véhicules à quatre roues motrices ou aux piétons.**

**1,1 km Gardez la droite à l'intersection en haut de la côte.**

**SITE 24**

Vous voilà au cœur d'une intrusion de gabbro. Vous y verrez des couches de compositions très variables formées lors de la cristallisation du magma. Quelle est la dimension de cette intrusion ? Vous pouvez la mesurer à partir de l'échelle de la carte.

À l'aide d'un aimant, trouvez les couches noir bleuté riches en magnétite.



**SITE 29 18,8 km**

Zone d'affleurements de monzonite à gauche de la route.

Combien de roches différentes observez-vous ? Remarquez les inclusions anguleuses de granite dans la monzonite.



**19,5 km Tournez à gauche sur la route 2, en direction ouest. Remettez l'odomètre à zéro.**

**5,9 km Tournez à gauche vers le camping du lac Écho.**

**SITE 30 8,0 km**

Le sentier pédestre du lac Écho est surplombé par d'immenses blocs de roche qui se sont détachés de la falaise. Ce phénomène est le produit des nombreux cycles de gel et de dégel que nous expérimentons sous notre climat.

**Faites demi-tour pour retourner jusqu'à la route 2.**

**10,1 km Tournez à gauche sur la route 2, en direction ouest.**

**16,7 km Intersection avec la route 22.**

**18,1 km Accueil Saint-Denis et fin du circuit.**

# Une longue histoire...

Remontons le temps et découvrons les grands événements qui ont façonné notre planète et, plus près de nous, la réserve faunique de Papineau-Labelle.

## 4,5 milliards d'années

**Naissance de notre planète Terre.**

## 4,0 milliards d'années

**Formation des plus anciennes roches terrestres.** Elles ont été découvertes dans les Territoires du Nord-Ouest.

## 4,0 à 1,3 milliards d'années

**Formation d'un grand continent.** Le Bouclier canadien s'assemble morceau par morceau à la suite de nombreuses collisions de plaques tectoniques. La brochure vous familiarisera avec le concept de la tectonique des plaques.

## 1,3 milliard d'années

**Construction d'un nouveau morceau de croûte terrestre :** les roches de la réserve. La surface de la Terre est très différente de ce qu'elle est aujourd'hui : pas de montagnes Rocheuses, pas d'Appalaches, pas de Grand Canyon. Les continents, y compris le Bouclier canadien, sont plus petits, de formes différentes et ne sont pas situés à leur position actuelle.

En bordure du Bouclier canadien, du sable et de la boue s'accumulent dans des environnements côtiers. La consolidation de ces dépôts donne naissance à des roches sédimentaires. La vie sur la Terre se manifeste par l'abondance d'algues. Des éruptions volcaniques font rage.

## 1,18 milliard d'années

**Construction d'une grande chaîne de montagnes.** Une immense chaîne de montagnes, qui rappelle l'Himalaya, se forme lorsque les roches de la réserve faunique entrent en collision avec le Bouclier. Elles sont rapidement enfouies à plus de 25 km de profondeur et soumises à des pressions énormes et à des températures élevées (800°C). Elles se transforment alors en roches métamorphiques (gneiss, quartzite, marbre, gneiss granitique, amphibolite). Petit à petit, de la roche fondue (magma) envahit les roches métamorphiques et se solidifie pour former des amas de roches ignées, telles les monzonites.

## 1 milliard d'années

**Érosion de cette chaîne de montagnes.** Au cours des millions d'années qui suivent, les roches enfouies en grande profondeur se soulèvent et sont érodées. Il en reste les Laurentides actuelles. Si l'érosion est de 1 mm par année, il ne faut que 25 millions d'années pour faire disparaître une épaisseur de 25 km de roches, ce qui est bien peu de temps à l'échelle géologique.



Il y a 1 milliard d'années, une grande chaîne de montagnes occupait les Laurentides actuelles. Les racines de cette grande chaîne de montagnes constituent la province géologique de Grenville.

## 500 millions d'années

**Formation des Basses-Terres du Saint-Laurent.** Des sédiments se déposent dans un océan au sud des Laurentides. Ils formeront les roches sédimentaires des Basses-Terres du Saint-Laurent et des Appalaches.

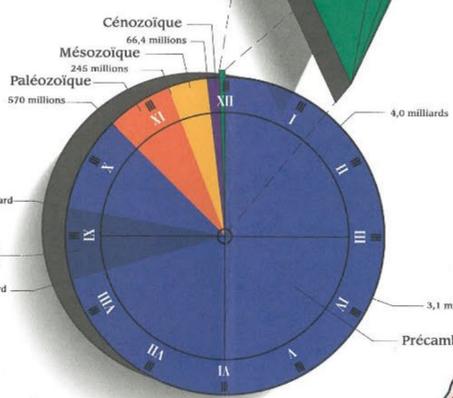
## Entre 450 et 360 millions d'années

**Construction d'une nouvelle chaîne de montagnes : les Appalaches** à la suite de la collision de petits continents avec le Bouclier.

## Vers 4 millions d'années

**Origine de l'espèce humaine.**

4,5 milliards d'années, c'est une bien longue histoire, difficile à envisager pour les humains. La voici donc compressée dans une période de 12 heures pour mieux saisir la durée des événements qui y ont pris place.



## 1,6 million d'années

**Glaciations continentales.** La Terre subit de grandes variations climatiques qui se traduisent par de nombreuses glaciations. Quand le climat se refroidit, les glaciers envahissent les continents; quand il se réchauffe, ils battent en retraite.

## 18 000 ans

**Dernière glaciation.** Une couche de glace de plus de 2 km d'épaisseur recouvre presque tout le Québec.

## 12 000 à 9 500 ans

**Formation de la Mer de Champlain.** Le glacier fond rapidement et sa marge retraite vers le nord-ouest. Une mer intérieure, la Mer de Champlain, envahit la vallée du Saint-Laurent actuelle, encore « enfoncée » par le poids de la glace fraîchement partie. Vers le nord, cette mer s'étend dans de nombreuses vallées, possiblement jusque dans la région du lac Gagnon.



## 8 000 ans

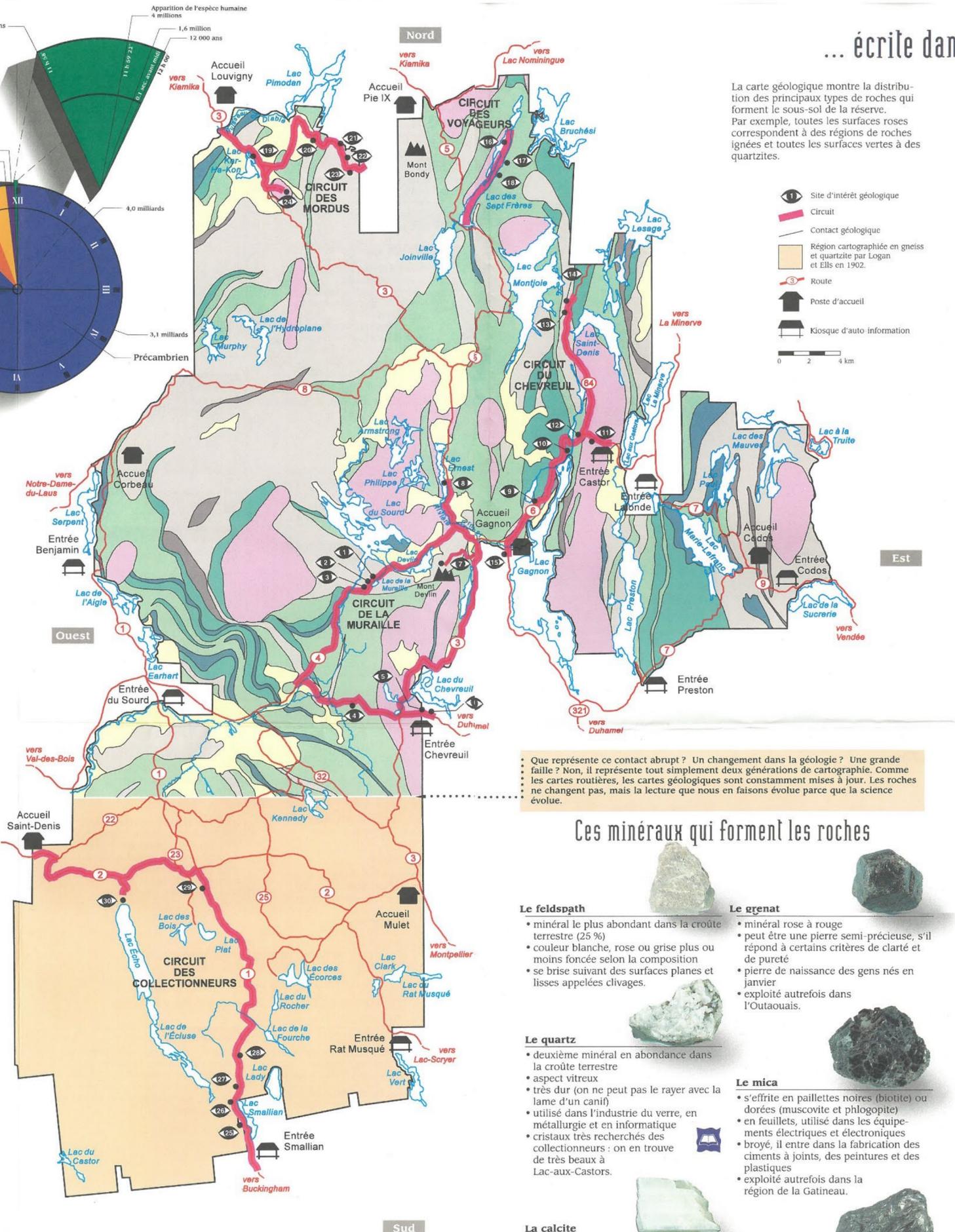
**Enfin libre de glace.** Les glaciers ont laissé de nombreuses traces de leur passage dans la région de la réserve : quelques lacs, la forme arrondie et le poli des affleurements rocheux, les dépôts de sable et de gravier.

## Aujourd'hui

**Toujours en mouvement.** En apparence immobile, la Terre continue de bouger comme en témoignent les nombreux petits tremblements de terre enregistrés dans la région. Nous ne les percevons que rarement mais les séismographes les détectent.

L'érosion se poursuit : les cours d'eau sculptent leur lit, transportent des sédiments et les déposent, modifiant continuellement les paysages. L'altération au contact de l'air, l'alternance du gel et du dégel brisent les roches. L'accumulation de la matière organique et son mélange avec les fragments de roches et de minéraux forment un sol, sans lequel aucune culture ne serait possible.

Les géologues, à la manière des détectives, reconstituent une histoire de la Terre en étudiant les indices que sont les roches et les sédiments. En utilisant ces connaissances, ils trouvent les substances utiles dont dépend notre qualité de vie. Pensons aux métaux qui entrent dans la fabrication d'objets courants, au pétrole, au sable et gravier. Les résultats de leurs recherches permettent de mieux gérer et de préserver notre environnement.



### Ces minéraux qui forment les roches

#### Le feldspath

- minéral le plus abondant dans la croûte terrestre (25%)
- couleur blanche, rose ou grise plus ou moins foncée selon la composition
- se brise suivant des surfaces planes et lisses appelées clivages.

#### Le grenat

- minéral rose à rouge
- peut être une pierre semi-précieuse, s'il répond à certains critères de clarté et de pureté
- Pierre de naissance des gens nés en janvier
- exploité autrefois dans l'Outaouais.

#### Le quartz

- deuxième minéral en abondance dans la croûte terrestre
- aspect vitreux
- très dur (on ne peut pas le rayer avec la lame d'un canif)
- utilisé dans l'industrie du verre, en métallurgie et en informatique
- cristaux très recherchés des collectionneurs : on en trouve de très beaux à Lac-aux-Castors.

#### Le mica

- s'effrite en paillettes noires (biotite) ou dorées (muscovite et phlogopite)
- en feuillets, utilisé dans les équipements électriques et électroniques
- broyé, il entre dans la fabrication des ciments à joints, des peintures et des plastiques
- exploité autrefois dans la région de la Gatineau.

#### Le calcite

- minéral de calcium
- couleur blanche à rose saumon
- facile à rayer avec la lame d'un canif
- réagit fortement à l'acide chlorhydrique, au vinaigre.

#### L'amphibole et le pyroxène

- minéraux foncés riches en fer et en magnésium
- pyroxène généralement en cristaux trapus verts (clinopyroxène) ou brunâtres (orthopyroxène)
- amphibole en cristaux allongés vert foncé à noirs.

### Réponses au géo-quiz

- Vrai; le mot géologie tire son origine de deux mots latins : *geos* qui signifie Terre et *logos* qui veut dire étude.
- Faux; les roches de la réserve se sont formées il y a plus d'un milliard d'années : elles sont donc très vieilles même pour les géologues.
- Faux; les roches de la réserve d'origine sédimentaire ont été cuites à de hautes températures, ce qui a détruit toutes leurs textures et structures originelles, et par le fait même toute trace de vie ancienne.
- Vrai; leur intensité est généralement très faible mais des instruments très sensibles les mesurent.
- Vrai; grâce à des techniques d'analyse très sophistiquées, nous datons maintenant les roches avec une précision d'environ 1 million d'années.
- Vrai; il s'agit de la Mer de Champlain qui occupa entre 12 000 et 9 000 ans avant aujourd'hui la vallée du Saint-Laurent. Sa limite aurait même atteint le lac Gagnon.
- Vrai; le « rose de Guénette », un granite, est exploité depuis 1951.
- Faux; les minéraux sont indispensables à notre qualité de vie. Ils sont les matières premières de la plupart des objets de consommation que nous utilisons. Leur exploitation peut se faire avec des effets minimes sur l'environnement.
- Vrai; 10. Vrai. On pense que les glaciers ont envahi le Québec à plusieurs reprises au cours de cette période.
- Vrai; les quartzites, formés surtout de quartz comme leur nom l'indique, sont très abondants dans la réserve faunique.
- Vrai; votre mine de crayon est faite de graphite.

# ... écrite dans les roches et les graviers de la réserve

Dans la réserve, vous marchez sur des roches métamorphiques, des roches ignées ou des sédiments. Les roches sédimentaires y sont absentes. Cependant, les sables et les graviers qui s'y trouvent seront peut-être enfouis un jour à des profondeurs suffisantes pour se transformer en roches.

## Les roches ignées

Du magma – roche fondue – qui n'atteint pas la surface de la Terre et se met en place sous forme de filons ou de gros amas.

Les roches ignées que l'on observe le plus fréquemment dans la réserve sont :

**La monzonite**

- formée surtout de grands cristaux de feldspath
- contient peu ou pas de quartz
- exploitée comme pierre de taille dans la région de Labelle.

**La pegmatite**

- contient des cristaux de feldspath, souvent de taille spectaculaire
- riche en quartz
- se présente en petites masses ou en veines roses recoupant presque tous les autres types de roches. Elle est donc avec le granite parmi les roches les plus jeunes de la région
- très recherchée des minéralogistes.

**Le granite**

- formé de feldspath, de quartz et d'un peu de mica
- à proximité de la Réserve, le granite rose de Guénette est exploité comme pierre de taille depuis le début des années 1950.

**Le gabbro**

- formé de feldspath gris et de pyroxène
- ici et là, riche en magnétite, un oxyde de fer.

## Les roches métamorphiques

Des roches qui ont été ensevelies à de grandes profondeurs et cuites à de hautes températures.

### Les roches métamorphiques formées à partir de roches sédimentaires

**Le quartzite** : auparavant du sable

- formé essentiellement de quartz
- généralement gris
- très abondant dans la réserve faunique.

**Le gneiss rubané** : à l'origine de la boue et du sable argileux

- formé surtout de feldspath, de quartz, de mica
- contient souvent du grenat, du graphite
- présente généralement un alignement des minéraux et un aspect rubané, caractérisé par des bandes étroites pâles ou foncées.

**Le marbre** : du calcaire métamorphisé

- formé surtout de calcite
- plus le marbre est impur, plus il contient d'autres minéraux : pyroxène, graphite, phlogopite, etc.
- le marbre très pur sert à faire de la chaux ou du concassé
- est dissous par les pluies acides et en neutralise les effets.

**Le gneiss granitique** : auparavant du granite ou une autre roche ignée pâle

- caractérisé par un aspect rubané et un alignement des minéraux foncés.

**L'amphibolite** : à l'origine une roche volcanique ou un gabbro

- roche sombre riche en amphibole noire ou vert très foncé.

## Les sédiments meubles

Des argiles, des sables, des graviers et même des blocs. On peut distinguer :

- les sédiments qui ont été mis en place directement par le glacier – ils consistent en un mélange de sable et de cailloux de toutes grosseurs qu'on nomme till
- les sédiments stratifiés déposés lors de la fonte du glacier dans des tunnels sous-glaciaires (eskers), dans des lacs au front du glacier ou dans la Mer de Champlain.

Les sables et les graviers sont les seuls matériaux exploités dans la réserve : on s'en sert dans la construction des routes.

### Remerciements

Plusieurs personnes ont contribué à la réalisation de ce dépliant, tout particulièrement Claudine Allard, Max Bauchet, Claude Beupré, Lucien Fournier, Lise Genois et Florence Mainguy (MLCP), Elaine René (Université Laval), Tyson Birkett, Denis Lavioie, Leopold Nadeau (Commission géologique du Canada), Daniel Brisebois, Thomas Clark et Kamal Sharma (MERQ), Nicole Bourret, Lorraine Gagnon, Diane Lespérance, Lise Michard et Lise Roy (BRS), Michel Gauthier (UQAM), Nalini Mohan (U. of Toronto), Nicolas Lepage, Patrick Bernatchez (École polytechnique). Un gros merci également à tous les employés de la réserve faunique de Papineau-Labelle pour leur collaboration hors pair.

