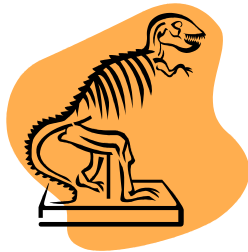




**centre de  
développement  
pédagogique**  
*pour la formation générale  
en science et technologie*



***Évolution de la vie et du relief***

DOCUMENTS DE RÉFÉRENCES SUGGÉRÉS

**Notes de formation :**

Cahier 1 La mise à niveau des concepts par Gilbert Prichonnet, chapitres I et III

**Livres :**

Manuel scolaire de géographie 314

Manuel scolaire du 1<sup>e</sup> cycle du secondaire et de la 1<sup>e</sup> année du 2<sup>e</sup> cycle du secondaire

**Animation en format « Flash » :**

La Terre du Centre de développement pédagogique

<http://www2.cslaval.qc.ca/cdp/UserFiles/File/previews/terre/>

**Sites Internet intéressants :**

Si la Terre m'était contée... de Ressources naturelles Canada

<http://www.cgq-agc.ca/tous/terre/index.cfm?flag=7&CFID=796382&CFTOKEN=98102204>

Commission géologique du Canada

[http://gsc.nrcan.gc.ca/education\\_f.php](http://gsc.nrcan.gc.ca/education_f.php)

L'atlas du Canada

<http://atlas.nrcan.gc.ca/site/francais/index.html>

Ressources naturelles et Faunes du Québec – Aperçu géologique

<http://www.mrnf.gouv.qc.ca/mines/geologie/geologie-apercu.jsp>

Planète Terre par Pierre-André Bourque du Département de Géologie et de Génie géologique de l'Université Laval

[http://www.ggl.ulaval.ca/personnel/bourque/intro.pt/planete\\_terre.html](http://www.ggl.ulaval.ca/personnel/bourque/intro.pt/planete_terre.html)

Déroulement de l'évolution de la vie sur la Terre – Centre national de la recherche scientifique

<http://www.cnrs.fr/cw/dossiers/dosevol/decouv/normal/normal.html>

**Source : Planète Terre par Pierre-André Bourque du Département de Géologie et de Génie géologique de l'Université Laval**

[http://www.ggl.ulaval.ca/personnel/bourque/intro.pt/planete\\_terre.html](http://www.ggl.ulaval.ca/personnel/bourque/intro.pt/planete_terre.html)

#### 4.2.1 Les temps précambriens

On considère que le système solaire s'est formé par la condensation d'un gigantesque nuage de gaz et de poussières et que les planètes, dont la Terre, se sont formées par accréation de matières il y a 4,55 Ga. La différenciation chimique a amené vers le centre de la terre les éléments lourds, comme le fer et le nickel, et a concentré dans le manteau, puis finalement dans la croûte, des éléments de moins en moins lourds. Cet âge de 4,55 Ga pour la formation de la terre nous est donné par la datation des météorites et non par la datation de roche terrestres.

L'élément stable de la croûte terrestre, c'est la croûte continentale. En effet, on a vu dans la première section de ce cours, qu'à cause de la tectonique des plaques, la croûte océanique est perpétuellement recyclée. Si on fait exception des lambeaux de croûte océanique qui sont coincés dans les chaînes de montagnes anciennes, donc dans de la croûte continentale, les plus vieilles croûtes océaniques datent d'au plus 170 Ma. Ce sont donc les continents qui vont nous fournir les principales archives nécessaires pour faire l'histoire de la terre.

La question de départ se pose ainsi : **quand** et **comment** se sont formés les premiers noyaux de croûte continentale?

##### Quand?

Pour répondre à ce premier volet de la question, tout ce qu'on peut dire, c'est que l'âge des plus vieilles roches terrestres a été établi à 4,03 Ga par datation radiométrique. L'histoire des quelques 550 Ma qui ont précédé l'Archéen, c'est-à-dire entre -4,55 et -4,03 Ga, nous est mal connue puisque nous ne possédons pas de roches représentant ce temps. Nous avons discuté de cette période au [point 3.4.7](#). Ces premières roches datées à 4,03 Ga devaient appartenir à de la croûte continentale puisqu'elles n'ont pas été recyclées dans les zones de subduction comme l'ont été et le sont toujours les planchers océaniques (croûte océanique). Les premiers noyaux de croûte continentale ont donné des âges radiométriques qui s'étendent entre -4,03 et -2,5 Ga, soit correspondant à la période archéenne. Cependant, on a découvert dans des roches légèrement plus jeunes dans l'ouest de l'Australie des zircons, minéral presque indestructible, d'âge se situant entre -4,1 et -4,2 Ga. La présence de ce minéral recyclé dans les roches en question indique qu'il y avait une ou des surfaces continentales il y a 4,1 ou même 4,2 Ga, soit peut-être quelques 200 Ma seulement après la fin de l'accréation terrestre.

La planisphère qui suit montre la répartition actuelle des premiers noyaux continentaux.

Ces premiers noyaux archéens se retrouvent au coeur des boucliers précambriens (plages vertes sur la planisphère) et occupent une surface bien inférieure à la surface actuelle des continents. Évidemment, c'est là leur répartition actuelle qui n'a rien à voir avec celle du Précambrien.

##### Comment?

Pour répondre au second volet de notre question, à savoir comment se sont formés les premiers noyaux continentaux, il nous faut examiner la nature des roches qui les composent. On retrouve trois grands ensembles de roches :

- les roches vertes
- les terrains granito-gneissiques
- les roches sédimentaires

Les roches vertes (une traduction de *greenstones*) forment une suite de laves différenciées, du basalte aux andésites, qui ressemblent à la fois aux volcanites de dorsale et aux volcanites de zones de subduction.

Les terrains granito-gneissiques sont formés de gneiss (roche métamorphique) provenant de transformation de roches ignées felsiques ou de schistes argileux, contenant de grands intrusifs granitiques.

Les roches sédimentaires sont le produit de l'altération et de l'érosion par l'eau ou le vent d'anciens massifs rocheux. La roche sédimentaire la plus ancienne date de 3,8 Ga (datation radiométrique), indiquant l'existence des processus d'altération et d'érosion par l'eau (les premiers océans).

Comment expliquer ces assemblages lithologiques? Nous n'avons pas d'explication définitive. Tout ce qu'on peut constater, ce sont les résultats, les produits qui nous disent qu'il est fort probable que des mécanismes comme ceux qui sont associés à la tectonique des plaques ont joué: fusion partielle du manteau produisant des laves de dorsale et de zone de subduction; métamorphisme dans des zones de subduction pour produire les terrains granito-gneissiques; altération des premières roches formées, érosion et dépôt conduisant aux premières roches sédimentaires, dès 3,8 Ga.

La période archéenne qui couvre en temps, un milliard et demi d'années, demeure la moins bien connue. Tout ce qu'on peut avancer, c'est que les premiers noyaux continentaux étaient en formation et que des océans ont occupé une partie de la surface terrestre à compter de 3,8 Ga. On peut supposer aussi que cette nouvelle croûte terrestre était bombardée d'une pluie de météorites, une pluie beaucoup plus intense qu'aujourd'hui. L'étude de cette période archéenne constitue aujourd'hui un domaine très actif de la recherche en géologie et en géophysique.

### **Qu'y avait-il avant 4,03 Ga?**

On ne le sait vraiment pas, puisque nous n'avons pas de véritables archives géologiques que sont les roches. On peut supposer que la croûte océanique était en formation, mais nous n'en avons pas de vestiges. Il est toujours possible qu'on retrouve un jour des roches plus vieilles que 4,03 Ga et qu'on en apprenne alors plus sur cette période.

### **La période protérozoïque**

Si la période archéenne correspond à la formation des premiers noyaux continentaux à la surface de notre planète, la période suivante, le Protérozoïque, correspond à la croissance des masses continentales. En effet, après l'établissement des premiers noyaux continentaux à l'Archéen, le volume de la croûte continentale a augmenté tout au long du Protérozoïque qui a une durée de près de 2 Ga. Cette croissance du volume des masses continentales est exprimée par la courbe suivante :

On y voit que de - 4,03 à -2,5 Ga, (période archéenne) le volume des noyaux continentaux est demeuré modeste, soit moins de 30% (par rapport au volume actuel des masses continentales) à la fin de l'Archéen. La croissance s'est faite surtout durant le Protérozoïque, entre -2,5 Ga et -544 Ma. À la fin du Protérozoïque, le volume des masses continentales avait, à toutes fins pratiques, atteint celui que nous connaissons aujourd'hui.

Le bouclier précambrien qui forme l'ossature de l'Amérique du Nord est un bon exemple de croissance de la masse continentale de l'Archéen à la fin du Protérozoïque. La carte géologique simplifiée qui suit montre que le bouclier est composé de trois grands ensembles de roches.

Le premier ensemble (vert) est fait des roches les plus vieilles qui ont donné des âges radiométriques se situant entre -4,03 et -2,5 Ga, donc datant de la période archéenne. On y voit par exemple, qu'un bon morceau du Québec est constitué de roches archéennes. La fameuse ceinture de roches vertes de l'Abitibi, riche en mines, fait partie de cet Archéen.

Le second ensemble (jaune) est formé de roches qui ont donné des âges radiométriques se situant entre -2 et -1,6 Ga, donc appartenant au Protérozoïque inférieur. En plusieurs endroits, ce Protérozoïque inférieur recoupe l'Archéen. De deux choses l'une: ou bien l'Archéen nord-américain était formé de plusieurs petits noyaux continentaux et les formations protérozoïques sont venues s'ajouter autour de ces noyaux, ou bien l'Archéen ne formait qu'un seul noyau qui a été fragmenté en microcontinents déplacés par la tectonique des plaques, et les matériaux protérozoïques déposés dans

des océans entre les microcontinents; ces derniers se seraient ensuite à nouveau rassemblés, coïncant les matériaux protérozoïques dans un nouveau continent plus grand. Les historiens du Précambrien penchent actuellement vers la seconde hypothèse.

Le dernier morceau qui forme le bouclier est la bande rose, formée de roches qui datent de -1,3 à -1 Ga, soit du Protérozoïque supérieur; on appelle cette bande la province géologique de Grenville. Il s'agit de roches métamorphiques, d'un métamorphisme très élevé, qui représentent les racines d'une haute chaîne de montagne aujourd'hui en grande partie érodée, une chaîne de montagnes qu'on estime avoir été aussi haute que l'Himalaya actuel.

Il y a environ 700 Ma, les masses continentales de la planète étaient suffisamment rassemblées pour qu'on puisse parler d'un mégacontinent, une sorte de Pangée de l'époque. Ce continent a été appelé **Rodinia**. On a identifié ici un certain nombre de masses continentales qui sont les nôtres aujourd'hui, mais il faut bien voir que ce ne sont là que des repères; nous savons que le découpage actuel de nos masses continentales n'existe que depuis l'ouverture de l'Atlantique, il n'y a que quelques 170 Ma. Les bandes rouge-orangé indiquent des orogènes (chaînes de montagnes) de même âge que la chaîne de Grenville. AM: Amazonia. AO: Antartica oriental. AUS: Australia. B: Baltica. C: Congo. G: Groenland. I: India. K: Kalaharia. M: Madagascar. S: Siberia.

Signalons ici qu'on retrouve côte-à-côte les blocs continentaux qui aujourd'hui forment le bouclier de l'Amérique du Nord et celui de l'Amérique du Sud. Entre les deux, il y a la chaîne de Grenville, cet Himalaya de la fin du Protérozoïque. Il est probable que cette chaîne soit issue de la collision entre ces deux masses continentales.

**En somme**, on peut dire que l'histoire des continents au Précambrien, une ère qui couvre près de 3 milliards et demi d'années d'histoire, soit près de 90% du temps géologique, se résume à l'établissement des premiers noyaux à l'Archéen et à leur croissance au Protérozoïque. C'est bien peu connaître en comparaison de tous les événements qu'on a répertoriés pour la période qui va du Cambrien (544 Ma) à nos jours.

### 3.1.2 - Le rabotage par les glaces

#### Le Grand Âge Glaciaire en Amérique

Présentement, il n'y a pas de glaces persistantes sur le continent nord américain proprement dit, si ce n'est une toute petite calotte alpine, la calotte de Colombia (Colombia Icefield) dans les Rocheuses canadiennes, à mi-chemin entre Jasper et Lac Louise. La seule grande masse glaciaire de l'hémisphère nord se situe au Groenland. Au total on évalue que les deux calottes polaires, celles du Groenland et de l'Antarctique, couvrent environ 10% de la superficie des masses continentales. Elles emmagasinent 2% de l'hydrosphère et 90% des eaux douces de la planète.

Mais il n'en était pas ainsi durant les deux derniers millions d'années (2 Ma) qui sont connus comme le Grand Âge Glaciaire. Cette époque fut marquée par des conditions climatiques changeantes qui ont conduit à une alternance de périodes glaciaires et interglaciaires. En Amérique du Nord, on reconnaît quatre périodes distinctes de glaciation, chacune portant un nom, tout comme les stades interglaciaires les séparant. Ces périodes ont leur pendant en Eurasie où elles portent des noms différents.

Le stade glaciaire wisconsinien ne s'est terminé qu'il y a à peine 6000 ans. Plus près de nous, on parle du Petit Âge Glaciaire qui couvre, en gros, la période qui va du milieu du 16<sup>e</sup> au milieu du 19<sup>e</sup> siècle.

Cette succession de période d'englaciations (glaciaires) et de fontes (interglaciaires) fait en sorte que les dépôts les plus anciens sont remobilisés par les glaciations plus récentes. C'est pourquoi la glaciation wisconsinienne nous est la mieux connue. En fait, au Canada, seuls la glaciation wisconsinienne, l'interglaciaire sangamonien et une partie de la glaciation illinoienne nous sont connus. Voici le tableau des âges de cette période.

On a évalué que la glace couvrait par moments jusqu'à 30 % de la superficie des continents durant le Grand Âge Glaciaire. Une grande partie de l'Amérique du Nord a été périodiquement recouverte par

une immense masse de glace qui, à certaines époques, s'est étendue jusqu'au sud des Grands Lacs actuels comme le montre cette carte de la distribution des glaces au Wisconsinien.

## L'histoire de la formation des Appalaches

Au début du Cambrien, l'océan Iapetus s'est formé par la séparation des deux masses continentales Laurentia et Baltica.

Cet océan s'ouvrait grâce à l'étalement des fonds océaniques à partir d'une dorsale. Dans cet océan se déposaient aussi des sédiments. Du côté de Laurentia, des quantités énormes de sédiments provenaient de l'érosion de cette haute chaîne de montagnes formée à la fin du Protérozoïque, la chaîne de Grenville.

Au début de l'Ordovicien, la direction du mouvement des masses continentales s'est inversée: Baltica, accompagné de morceaux de continents plus petits, dont un qui a été appelé le microcontinent Avalonia, se rapprochait de Laurentia. Avalonia tire son nom de la péninsule d'Avalon à Terre-Neuve qui est formée par cet ancien microcontinent.

Un enfoncement de la croûte océanique en bordure de Laurentia a formé une zone de subduction et induit un arc insulaire volcanique dont on retrouve aujourd'hui des vestiges dans les Appalaches du Québec. Des épanchements volcaniques venant de l'arc insulaire se mêlaient aux grandes épaisseurs de boues et de sables qui s'accumulaient entre la marge continentale et l'arc volcanique.

Vers la fin de l'Ordovicien, la collision entre la plaque continentale, Laurentia, et la plaque océanique avec son arc insulaire, produisit une première chaîne de montagne immature, la chaîne taconienne, la première phase de la construction des Appalaches.

Ces mouvements tectoniques ont conduit à la situation suivante: entre Laurentia et Avalonia, il persistait un bassin marin, l'océan Iapétus, qui durant tout le Silurien et une grande partie du Dévonien recevait les sédiments provenant de l'érosion de la jeune chaîne taconienne, ainsi que des épanchements volcaniques provenant de fissures dans la mince croûte continentale nouvellement formée. Au large d'Avalonia, il y avait un océan que les géologues ont appelé l'océan Rhéique.

Dans la foulée de la fermeture progressive de Iapetus, il y eut une collision entre Laurentia et le chaînon de microcontinents (incluant Avalonia), au milieu du Dévonien.

Les sédiments (incluant la grande barrière récifale du Silurien) et les roches volcaniques qui s'étaient déposés durant tout le Silurien et une grande partie du Dévonien dans l'océan Iapetus ont été soulevés et déformés pour construire la chaîne acadienne, la seconde phase des Appalaches, qui est venue se superposer à la chaîne taconienne. Progressivement, au sud, l'océan Rhéique continuait à se fermer.

C'est finalement la collision entre toutes les masses continentales, à la fin du Carbonifère-début du Permien, qui a créé la chaîne des Mauritanides (Mauritanie et Maroc), qu'on appelle aussi la chaîne hercynienne.

Ces chaînes de montagnes (Appalaches et Mauritanides) se situent à l'intérieur du mégacontinent Pangée.

C'est au Trias-Jurassique que la Pangée a commencé à se fragmenter. La fracture qui a séparé l'Afrique de l'Amérique s'est faite dans les Mauritanides. Avec l'ouverture de l'Atlantique, des morceaux de ces Mauritanides - certains disent des morceaux du Maroc - sont restés accrochés à la masse continentale américaine. La Floride en est un exemple, ainsi que la demie sud de la Nouvelle-Écosse.

## Les stromatolites

On ne peut discuter de la vie au Précambrien sans parler des stromatolites qui sont des structures colonnaires construites par les bactéries.

Ces stromatolites sont trouvés dans des couches qui varient en âge de 3,5 Ga à l'Actuel. En fait, on les retrouve pratiquement à tous les âges durant cette période de 3,5 milliards d'années. Avant la découverte de stromatolites actuels, c'est-à-dire des stromatolites en voie de formation, à la **fin des années 1950**, dans le nord-ouest de l'Australie, les géologues et paléontologues arrivaient mal à expliquer l'origine de telles structures. Il y avait toutes sortes de querelles, certains prétendant qu'il s'agissait de véritables fossiles d'organismes disparus, d'autres que c'était là de simples structures sédimentaires, avec diverses propositions entre ces deux extrêmes.

Pour mieux comprendre la nature des stromatolites, nous allons examiner des structures qu'on retrouve fréquemment sur les estrans actuels, particulièrement en climat chaud: les tapis bactériens. Ce sont des **tapis organiques** qui recouvrent les sédiments sur de très grandes surfaces.

Si on y regarde de plus près, il s'agit d'un **tapis de consistance gélatineuse, laminaire**, qui contient souvent des sédiments. Cette "gélatine" est composée d'un treillis de **filaments bactériens** dont plusieurs sont des cyanobactéries.

Ce tapis agit de deux façons: 1) il piège les particules sédimentaires entre ses filaments; 2) il induit la cimentation des particules sédimentaires, grâce à son **activité photosynthétique** qui, en consommant du CO<sub>2</sub>, abaisse la pression partielle de CO<sub>2</sub> dans ce micromilieu et favorise ainsi la précipitation du CaCO<sub>3</sub>. Les particules piégées sont donc soudées ensemble, pour finalement constituer une succession de croûtes solides qui vont former une roche qu'on appelle **laminite cyanobactérienne**.

Ce sont ces **mêmes processus** qui s'appliquent à la **construction** des stromatolites.

C'est à **Shark Bay**, dans le nord-ouest de l'Australie, qu'on a découvert des stromatolites en voie de formation. En fait, on retrouve des stromatolites dans la zone d'estran (zone intertidale, entre marée haute et marée basse), ainsi que dans la zone infratidale supérieure (juste sous la marée basse). On a d'abord cru que **ceux de la zone d'estran** étaient en voie de formation, mais on a réalisé récemment, qu'ils constituent les vestiges de stromatolites qui ont été formés il y a quelques dizaines de milliers d'années, lors d'un niveau marin quelque peu plus haut que présentement, alors que **ceux que l'on retrouve dans la zone infratidale supérieure** sont effectivement en voie de formation.

Le gros d'une colonne stromatolitique est du solide, à l'exception d'une mince couche en surface qui constitue la partie vivante. Cette couche vivante est formée par cette "**gélatine**" de filaments cyanobactériens, comme chez les tapis bactériens. La colonne stromatolitique se construit par les mêmes processus de piégeage et de cimentation de sédiment dont on a discuté plus haut. Le stromatolite n'est donc pas à proprement parlé un fossile; c'est une structure construite par l'action des cyanobactéries. C'est pourquoi on dit qu'il s'agit d'une **structure organo-sédimentaire**. Il peut arriver cependant qu'on y trouve **des fossiles de cyanobactéries**, comme ceux du Précambrien. Une des caractéristiques principales des stromatolites est leur fine lamination interne. On interprète que chaque lamine représente une accrétion diurne.

Bien que les stromatolites soient **plus abondants** au Précambrien, on en trouve à tous les âges géologiques. Les "colonnes" stromatolitiques peuvent prendre diverses formes. Elles peuvent être isolées ou agglomérées. Les stromatolites actuels sont en général de taille modeste (inférieure à 1 m, quoiqu'on ait découvert des **stromatolites d'assez grande taille** sur la plate-forme des Bahamas), mais autrefois ils ont atteint des **tailles impressionnantes**, comme dans **ces deux exemples**.

#### **Exemples de stromatolites anciens**

Les stromatolites demeurent un **sujet** de recherche **très important** en paléontologie. Ils sont à la fois les **dépositaires** des premières traces de vie sur Terre et à la fois les premières manifestations de cette vie. Ils sont susceptibles de nous renseigner sur l'histoire de ces organismes de la biosphère les plus abondants et les mieux adaptés à leur milieu, les bactéries.

Ils sont construits de carbonate de calcium (CaCO<sub>3</sub>) par l'action des bactéries et se sont agglomérés en formations calcaires. Ces formations stromatolitiques ont constitué un volume impressionnant de calcaires à certaines époques du précambrien et, en ce sens, ont constitué un drain très important de CO<sub>2</sub> (gaz carbonique) en stockant celui-ci dans le CaCO<sub>3</sub>, modifiant ainsi l'atmosphère terrestre en la débarassant progressivement de ce gaz (voir au point 3.4.7).

**Source : Ressources naturelles et Faunes du Québec – Aperçu géologique**

<http://www.mrnf.gouv.qc.ca/mines/geologie/geologie-apercu.jsp>

## Aperçu géologique

**Près de 90 % du sous-sol québécois est constitué de roches précambriennes du Bouclier canadien (au nord du fleuve Saint-Laurent).** L'autre partie est constituée essentiellement de roches paléozoïques, qui composent la Plate-Forme du Saint-Laurent, le pourtour du fleuve Saint-Laurent et les Appalaches, au sud du fleuve. Ces environnements offrent des perspectives intéressantes pour l'exploration.

Carte des provinces géologiques (**Format PDF, 134 Ko**)

L'interprétation des roches du Précambrien et du Paléozoïque dans l'est du Canada a considérablement évolué au cours des dernières décennies, grâce à une meilleure compréhension des processus géologiques et tectoniques. À cet effet, une subdivision révisée des provinces géologiques en sous-provinces a été développée. Ces subdivisions évoluent selon la disponibilité de nouvelles données géochronologiques, particulièrement en ce qui a trait aux événements orogéniques qui ont affecté le craton archéen, qui compose la majeure partie du Bouclier.

La **Province du Supérieur** (4 à 2,5 Ga) occupe une grande partie du continent nord-américain et couvre le tiers du Québec, soit une superficie de 600 000 km<sup>2</sup>. Cette province forme la partie centrale du Bouclier canadien. Elle est reconnue mondialement pour ses nombreux gisements de cuivre, d'or, de zinc, de nickel et d'argent. Plus récemment, on a fait d'importantes découvertes d'indices de diamant dans des kimberlites recoupant les roches de cette province.

De plus, elle se subdivise en une douzaine de sous-provinces, dont la moitié est située au Québec. La plus connue est la sous-province de l'Abitibi, qui est la plus étendue des ceintures volcano-sédimentaires archéennes au monde, réputée pour ses gisements de cuivre, de zinc, d'argent et d'or. Les roches de la Province du Supérieur sont bordées à l'est par la Province de Churchill et au sud-est par la Province du Grenville.

La **Province de Churchill** (2,1 à 1,75 Ga) couvre une superficie d'environ 150 000 km<sup>2</sup> dans le nord du Québec, au nord-est de la Province du Supérieur. Elle se caractérise par quatre zones :

- l'Orogène de l'Ungava (fosse de l'Ungava), qui borde la province du Supérieur au nord, est connu pour ses gisements de nickel-cuivre (dont ceux du camp minier de Raglan);
- l'Orogène du Nouveau-Québec (fosse du Labrador), qui borde à l'est la Province du Supérieur, possède un sous-sol qui renferme de grands gisements de fer ainsi que plusieurs gîtes de cuivre, de nickel et d'éléments du groupe platine (EGP);
- la Province de Rae (ou craton du Grand Nord), située entre les orogènes du Nouveau-Québec et des Torngat, contient des roches archéennes et paléoprotozoïques (2,1 à 1,75 Ga) ainsi que des roches plutoniques mésoprotozoïques (1,7 à 1,1 Ga);
- l'Orogène des Torngat (2,1 à 1,75 Ga), situé à l'est de la Province de Rae dont les roches sont recoupées par des kimberlites, recèle un potentiel diamantifère.

La **Province du Grenville** (1,2 Ga à 950 Ma) couvre aussi une superficie de 600 000 km<sup>2</sup>. Elle forme la limite sud-est de la Province du Supérieur et se divise en trois ceintures distinctes. La Province du Grenville est reconnue pour ses mines de fer et d'ilménite, pour son potentiel en minéraux industriels et, dans une moindre mesure, pour ses métaux usuels.



Les Basses-Terres du Saint-Laurent (700 à 350 Ma) se sont développées à la fin du Protérozoïque et au Paléozoïque, avec la formation du graben du Saint-Laurent. Les Basses-Terres sont divisées en deux plates-formes, la plate-forme des Basses-Terres du Saint-Laurent et celle d'Anticosti. Elles reposent sur les roches de la Province du Grenville. La principale ressource exploitée est le calcaire. Deux intrusions de carbonatites, celle de Saint-Honoré et celle d'Oka, recèlent des gisements de niobium. Le Québec est le deuxième producteur mondial de ce métal rare.

Au sud de la Province du Grenville, **l'Orogène des Appalaches** (650 à 350 Ma) s'est développé sur la marge du Bouclier canadien au cours du Paléozoïque. L'Orogène des Appalaches est divisé en trois ceintures et il est bordé à l'est par le bassin permo-carbonifère de Madeleine. Les imposantes ressources d'amiante et les gisements de cuivre de Mines Gaspé sont situés dans cette province géologique.

De longues périodes de glaciation, qui datent du Quaternaire, ont affecté le territoire québécois. Ainsi, d'importants dépôts glaciaires recouvrent de grandes superficies dans le sud de la province et ces dépôts constituent d'importantes sources de sables et de graviers.