Géopanorama d'Ottawa et de Gatineau

Leçons (9e, 11e année) pour Géopanorama d'Ottawa et de Gatineau
J. Weatherhead et J. Aylsworth

Thème 2 : LE TEMPS EN PROFONDEUR : DES ROCHES ANCIENNES

APERÇU

- Les étudiants analysent et appréhendent la notion de temps géologique;
- Les étudiants interprètent la séquence d'événements géologiques qui ont formé le Géopanorama d'Ottawa-Gatineau;
- Les étudiants identifient la géologie du substratum rocheux et des matériaux superficiels de la région;
- Les étudiants créent des profils géologiques transversaux du Géopanorama d'Ottawa-Gatineau.

DURÉE **175 minutes + 45 minutes d'enrichissement**

ACTIVITÉ

1. Les étudiants font une recherche dans Internet (Google) pour trouver le texte intitulé : *But a watch in the night, a scientific fable*, de James C. Rettie, et le lisent pour avoir une idée de l'âge de la Terre et de l'insignifiance du temps à l'échelle humaine par rapport à l'échelle géologique.

2. Quand a eu lieu la période quaternaire? Depuis la publication de l'affiche Géopanorama, l'éscelle des temps géologiques a été révisée. Faites une recherche dans Internet pour trouver ce qui a remplacé les pèriodes quaternaire et tertiaire.
   - Entrepôt de données géoscientifiques de la Commission Geologique de Canada (CGC) : http://edg.rncan.gc.ca/mirage/index_f.php
   - American Geological Institute website: http://www.agiweb.org/education/teachers/online_resources.html

3. Les étudiants préparent une échelle des temps géologiques à l'aide d'un rouleau d'essuie-tout en papier, et indiquent les événements marquants et leur époque relative. Utiliser un rouleau de 46 essuie-tout afin de représenter l'histoire de la Terre du présent (l'an 0) jusqu'à il y a 4 600 000 000 d'années; chaque essuie-tout représentera donc 100 millions d'années. Les étudiants indiqueront les événements géologiques marquants à l'aide de lignes de couleur selon l'Échelle des temps géologiques ci-jointe, en remontant du plus récent au plus ancien. Puisque la plupart des événements se situent près de l'ère contemporaine, il leur faudra faire attention car ils risquent de manquer de place. Préparer également une légende et une échelle de temps.

4. Ce serait l'occasion de mener l'activité d'enrichissement facultative, qui peut se faire individuellement. À l'aide de Arcview 3.2 et de Arc Canada 2.0, les étudiants préparent quatre cartes du monde qui illustrent les zones de la Terre créées aux ères cénozoïque, mésozoïque, paléozoïque et précambrienne, et décrivent les motifs qui en découlent. Référence : ESRI Canada www.esricanada.com . Vous pouvez également consulter le site Web de la CGC, qui comprend des cartes de l'emplacement et des dimensions des continents et qui décrit bien l'histoire géologique de la Terre *: Géologie urbaine de la région de la capitale nationale* http://cgc.rncan.gc.ca/urbgeo/natcap/his_introduction_f.php .

5. À partir de la carte du substratum rocheux de la région, sur la page Web de la CGC intitulée *Géologie urbaine de la région de la capitale nationale* (http://cgc.rncan.gc.ca/urbgeo/natcap/index_f.php) , les

Ce projet a été financé par le Ministère des Ressources Naturelles du Canada et le gouvernement de l'Ontario

étudiants colorent et identifient la géologie du substratum rocheux (types lithologiques) sur une carte muette de la région (Géopanorama) ou sur une copie en noir et blanc de l'image satellite. Ils indiquent les principales failles, ainsi que la faille de Gloucester, l'escarpement d'Eardley, le graben d'Ottawa-Bonnechere, les collines de la Gatineau et Hog's Back.

6. Les étudiants lisent :
   - Le volet « Le temps en profondeur » (affiche Géopanorama);
   - Le document de référence général « Brève introduction à la géologie de la région d'Ottawa »;
   - Des renseignements détaillés de la page Web intitulée *Géologie urbaine de la région de la capitale nationale*. Ce site comprend notamment une histoire géologique, des cartes géologiques, l'emplacement des failles, des échelles stratigraphiques et des données de forage. L'histoire géologique de la région est résumée dans le document « L'histoire géologique de la région de la capitale nationale », ci-joint.

   Dans leur cahier, les étudiants répondent aux questions suivantes. Il se peut qu'ils doivent consulter d'autres documents de référence, comme leur livre de cours, afin de répondre correctement à toutes les questions.
   1. Résumez dans un tableau les événements importants (en géologie et en biologie) qui ont eu lieu au cours de chacune des quatre grandes ères géologiques, de la plus récente à la plus éloignée.
   2. Expliquez les trois principes fondamentaux sur lesquels se fondent les géologues pour interpréter le profil stratigraphique du passé.
   3. Pourquoi n'y a-t-il dans notre région aucune roche des périodes tertiaire à silurienne?
   4. Qu'est-ce qu'une faille? B. Pourquoi y a-t-il des failles dans notre région? C. Quelle en est la cause? D. Où se trouvent-elles habituellement? E. Pourquoi est-ce difficile de les repérer maintenant?
   5. Qu'est-ce qu'un graben? B. Comment se forme un graben? C. Pourquoi est-il nommé le graben d'Ottawa-Bonnechere? D. Qu'est-ce qui distingue un graben d'une vallée d'effondrement (rift)?
   6. D. Où se trouve l'escarpement d'Eardley? B. Pourquoi est-il là? Qu'est-ce qu'un escarpement de faille?
   7. Depuis la publication de l'affiche Géopanorama, le tableau des temps géologiques a été révisé. Qui a remplacé les pèriodes quaternaire et tertiaire?
   8. A. Quel événement important est survenu au Pléistocène? B. Qu'est-ce qui a pu en être la cause? (donnez plusieurs raisons) C. Quelle est l'importance des États suivants (le Wisconsin, l'Illinois, le Kansas et le Nebraska) dans l'étude de la glaciation?

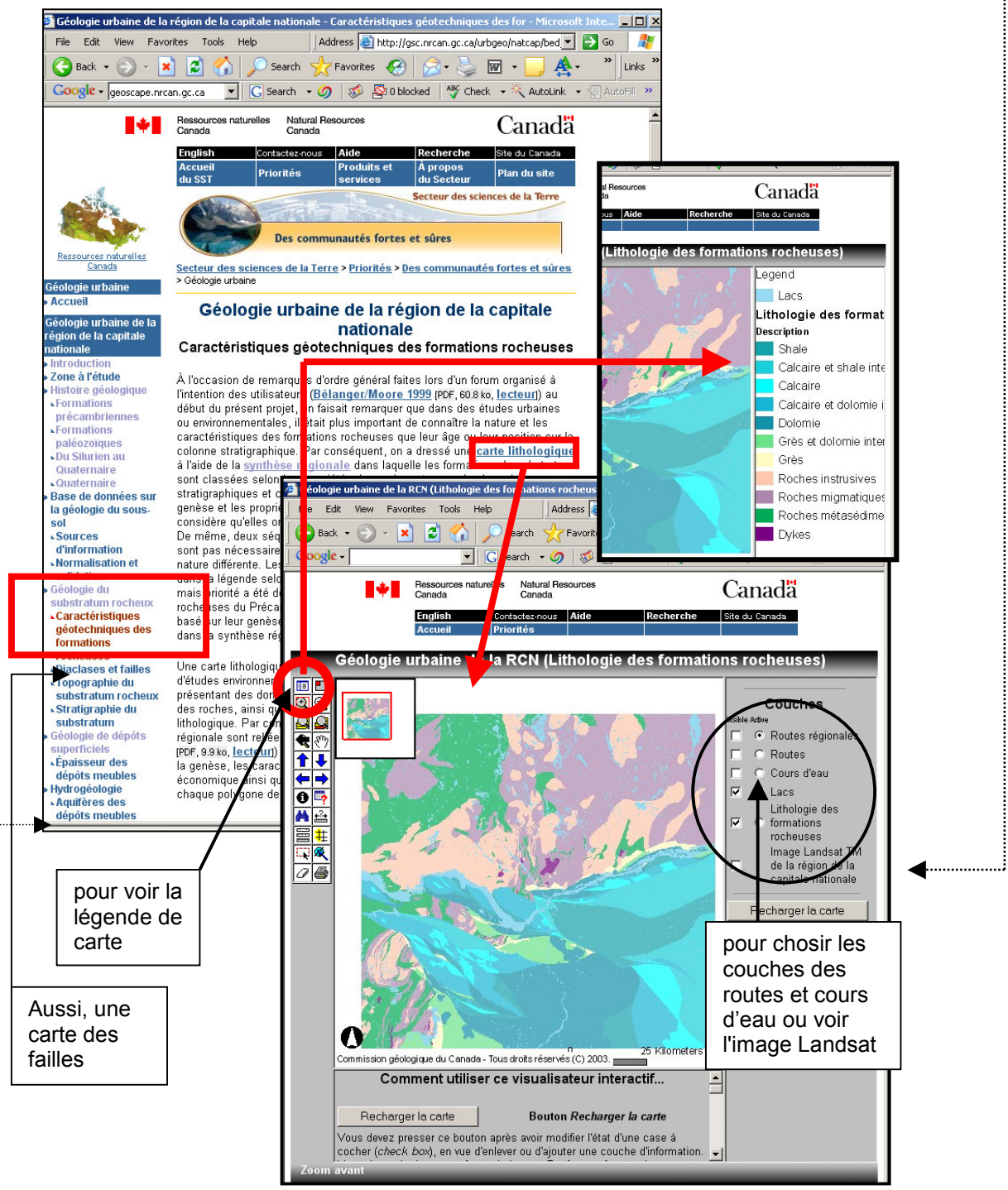
6. Les étudiants créent deux profils transversaux de la géologie des matériaux superficiels de la région (un profil est-ouest, l'autre nord-sud) à l'aide de renseignements tirés des données de forage figurant dans la page Web intitulée *Géologie urbaine de la région de la capitale nationale* http://cgc.rncan.gc.ca/urbgeo/natcap/index_f.php (choisissez la « Base de données sur la géologie du sous-sol », à gauche, puis cliquez sur « Carte – GéoServ »). La base de données sur la géologie du sous-sol contient de l'information sur la nature et l'épaisseur des sédiments non consolidés (superficiels) qui reposent sur le substratum rocheux. Localisez l'emplacement de votre école sur l'intersection des profils nord-sud et est-ouest. Vous devriez utiliser les données d'au moins 8 trous de forage par profil. Dessinez les profils sur du papier quadrillé ou à l'ordinateur, et identifiez les couches géologiques appropriées. Comparez vos résultats avec deux des profils de la page Web intitulée *Géologie urbaine de la région de la capitale nationale* http://cgc.rncan.gc.ca/urbgeo/natcap/hydrogeology2_f.php . (Dans ces profils, les sédiments superficiels sont au-dessus de la ligne rouge, et la légende est à droite.) Sous forme de notes, expliquez les différences et notez les ressemblances. Commentez le degré d'exactitude de vos profils. Comment pourriez-vous les améliorer?

la page Web de la géologie urbaine de la région de la capitale nationale – Substratum Rocheux

http://gsc.nrcan.gc.ca/urbgeo/natcap/index_f.php

Pour une carte des formations rocheuses : **Géologie du substratum rocheux** http://gsc.nrcan.gc.ca/urbgeo/natcap/bed_regional_f.php et < **carte de synthèse régionale** >	*Pour une carte des types lithologiques :* **Géologie du substratum rocheux >> Caractéristiques géotechniques des formations rocheuses** http://gsc.nrcan.gc.ca/urbgeo/natcap/bed_geotech_f.php et < **carte lithologique** >

N.B.: les cartes pour imprimer ou télécharger comme couches de SIG sont disponibles sur ce site Web.



ÉCHELLE DES TEMPS GÉOLOGIQUES (vielle échelle)

Ère		Période	Époque	Âge*	Fossiles	Éventments géologiques
Phanérozoïque	Cénozoïque	Quaternaire	Récente	0.01	• Civilisations humaines • Domestication des animaux	• Période postglaciaire • Soulèvement de l'ouest de l'Amérique du Nord
			Pléistocène	1.8	• Humains primitifs • Extinction des grands mammifères	• Glaciation mondiale • Ères glaciaires et périodes interglaciaires • Création de la cordillère du Pacifique
		Tertiaire	Pliocène	5	• Premiers humains • Grands carnivores	• Les continents ont leur forme actuelle • Création de la chaîne des Appalaches
			Miocène	23	• Essor des animaux brouteurs • Migration des éléphants en Amérique • Migration des chevaux en Asie	• Activité volcanique dans les Rocheuses • L'Amérique du Nord est adjacente à l'Asie
			Oligocène	34	• Évolution des baleines, des chauves-souris et des singes	• L'Inde entre en collision avec l'Asie
			Éocène	53	• Chevaux nains • Essor des angiospermes	• Création de montagnes dans les Rocheuses • Création des Andes et de l'Himalaya
			Paléocène	65	• Évolution de nombreux nouveaux mammifères	• Soulèvement des Rocheuses des Andes et de l'Himalaya
	Mésozoïque	Crétacé		135	• Premières angiospermes • Extinction des dinosaures (fin de la période)	• Phase laramienne (début de la formation des Rocheuses, des Andes et de l'Himalaya) • Sédiments marins (côte est de l'Amérique du Nord)
		Jurassique		192	• Premiers oiseaux • Essor des dinosaures	• Phase névadienne (volcans dans les Rocheuses, formation des montagnes du Jurassique) • L'Europe et l'Amérique du Nord submergées par des mers peu profondes
		Triassique		230	• Premiers mammifères • Premiers dinosaures	• Activité volcanique généralisée • Sédiments rouges
	Paléozoïque	Permien		290	• Essor des conifères • Essor des insectes • Évolution de beaucoup de reptiles et d'amphibiens • Extinction des trilobites	• Formation des Appalaches • Époque glaciaire en Amérique du Sud
		Carbonifère		350	• Premiers reptiles • Immenses forêts de plantes à spores	• Formation de dépôts de charbon (est et centre de l'Amérique du Nord)
		Dévonien		410	• Essor des poissons • Émergence des amphibiens • Premières forêts	• Phase acadienne (montagnes de l'est de l'Amérique du Nord)
		Silurien		438 485	• Émergence des premières plantes et des animaux terrestres	• Création de sédiments marins considérables
		Ordovicien		560	• Premiers vertébrés (poissons) • Essor des invertébrés marins	• Phase taconique (montagnes de la Nouvelle-Angleterre)
		Cambrien			• Invertébrés marins • (trilobites)	• Mers peu profondes et sédiments marins
Précambrien		Protérozoïque		2500 4600	• Évolution des premières plantes marines, des vers et des méduses • Domination des stromatolites	• Grande activité volcanique, flots de lave et métamorphisme des roches • Formation des métaux ferreux
		Archéen			• Aucun fossile connu • Premières formes de vie (bactéries)	• Refroidissement de la Terre • Roches les plus anciennes connues

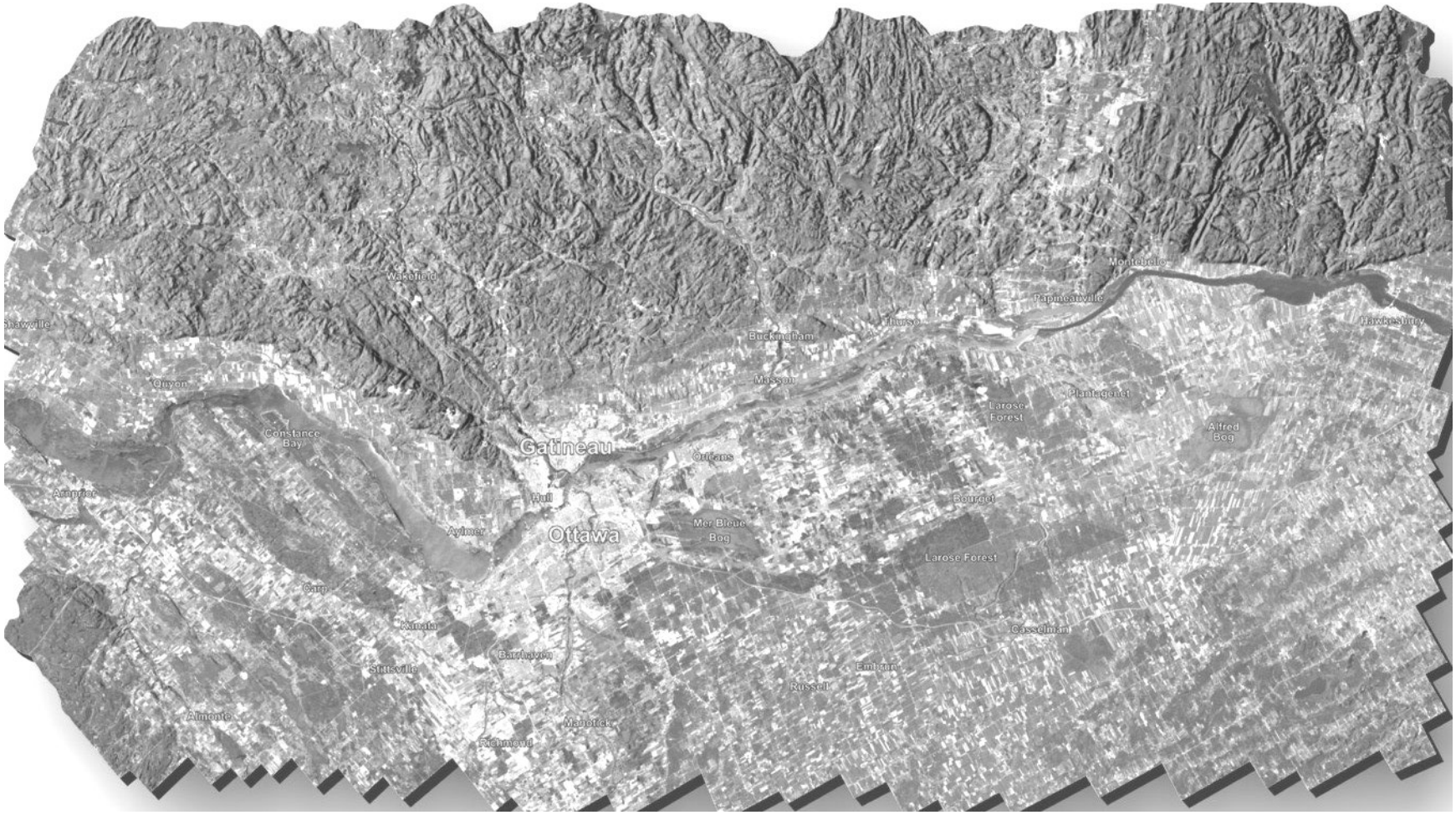
* début de la période ou de l'époque, en millions d'années avant le présent

J. Weatherhead et J. Aylsworth : Leçons (9e, 11e année) pour Géopanorama d'Ottawa et de Gatineau
(http://geopanorama.nrcan.gc.ca)

ÉCHELLE DES TEMPS GÉOLOGIQUES (2004)

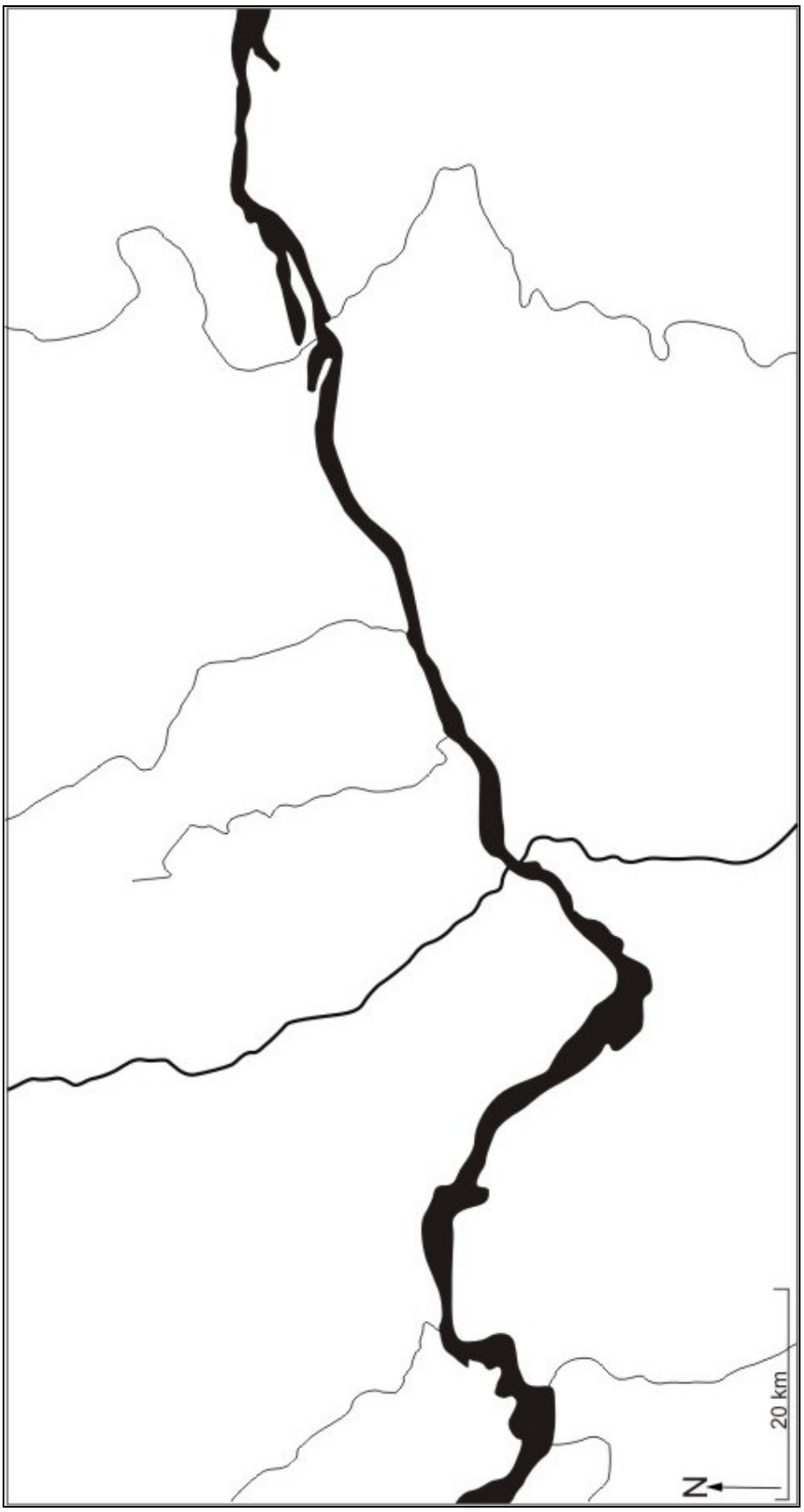
Ère		Période	Époque	Âge*	Fossiles	Éventments géologiques
Phanérozoïque	**Cénozoïque**	Néogène	Holocène (Récente)	0.01	• Civilisations humaines • Domestication des animaux	• Période postglaciaire • Soulèvement de l'ouest de l'Amérique du Nord
			Pléistocène	1.8	• Humains primitifs • Extinction des grands mammifères	• Glaciation mondiale • Ères glaciaires et périodes interglaciaires • Création de la cordillère du Pacifique
			Pliocène	5	• Premiers humains • Grands carnivores	• Les continents ont leur forme actuelle • Création de la chaîne des Appalaches
			Miocène	23	• Essor des animaux brouteurs • Migration des éléphants en Amérique • Migration des chevaux en Asie	• Activité volcanique dans les Rocheuses • L'Amérique du Nord est adjacente à l'Asie
		Tertiaire	Oligocène	34	• Évolution des baleines, des chauves-souris et des singes	• L'Inde entre en collision avec l'Asie
			Éocène	53	• Chevaux nains • Essor des angiospermes	• Création de montagnes dans les Rocheuses • Création des Andes et de l'Himalaya
			Paléocène	65	• Évolution de nombreux nouveaux mammifères	• Soulèvement des Rocheuses des Andes et de l'Himalaya
	Mésozoïque	Crétacé		135	• Premières angiospermes • Extinction des dinosaures (fin de la période)	• Phase laramienne (début de la formation des Rocheuses, des Andes et de l'Himalaya) • Sédiments marins (côte est de l'Amérique du Nord)
		Jurassique		192	• Premiers oiseaux • Essor des dinosaures	• Phase névadienne (volcans dans les Rocheuses, formation des montagnes du Jurassique) • L'Europe et l'Amérique du Nord submergées par des mers peu profondes
		Triassique		230	• Premiers mammifères • Premiers dinosaures	• Activité volcanique généralisée • Sédiments rouges
	Paléozoïque	Permien		290	• Essor des conifères • Essor des insectes • Évolution de beaucoup de reptiles et d'amphibiens • Extinction des trilobites	• Formation des Appalaches • Époque glaciaire en Amérique du Sud
		Carbonifère		350	• Premiers reptiles • Immenses forêts de plantes à spores	• Formation de dépôts de charbon (est et centre de l'Amérique du Nord)
		Dévonien		410	• Essor des poissons • Émergence des amphibiens • Premières forêts	• Phase acadienne (montagnes de l'est de l'Amérique du Nord)
		Silurien		438	• Émergence des premières plantes et des animaux terrestres	• Création de sédiments marins considérables
		Ordovicien		485	• Premiers vertébrés (poissons) • Essor des invertébrés marins	• Phase taconique (montagnes de la Nouvelle-Angleterre)
		Cambrien		560	• Invertébrés marins • (trilobites)	• Mers peu profondes et sédiments marins
Précambrien		Protérozoïque		2500	• Évolution des premières plantes marines, des vers et des méduses • Domination des stromatolites	• Grande activité volcanique, flots de lave et métamorphisme des roches • Formation des métaux ferreux
		Archéen		4600	• Aucun fossile connu • Premières formes de vie bactéries	• Refroidissement de la Terre • Roches les plus anciennes connues

***** début de la période ou de l'époque, en millions d'années avant le présent



Carte à relief estompé créée à partir de données Landsat (5/7) TM. Les données Landsat 7 TM ont été r ecueillies par le EROS Data Center du USGS et gracieusement fournies par le Centre canadien de télédétection.

J. Weatherhead et J. Aylsworth : Leçons (9e, 11e année) pour Géopanorama d'Ottawa et de Gatineau (http://geopanorama.nrcan.gc.ca)


20 km
N

BRÈVE INTRODUCTION À LA GÉOLOGIE DE LA RÉGION D'OTTAWA

Ottawa se trouve au confluent des rivières Rideau, Gatineau et des Outaouais. Vous trouverez peut-être la capitale du Canada plus intéressante si vous connaissez un peu de son histoire géologique.

Les superbes collines arrondies du Parc de la Gatineau, si caractéristiques du paysage d'Ottawa, font partie du Bouclier canadien, qui sous-tend une grande part du territoire canadien. Ces collines, autrefois beaucoup plus élevées, ont été réduites à leur altitude actuelle par l'eau, la glace et le vent. Les roches de ces collines datent du Précambrien, et sont vieilles de plus de mille millions d'années. Nous trouvons du marbre dans cette région; or, comme le marbre provient du calcaire métamorphisé créé avant que les collines aient été soulevées, nous pouvons en déduire que des océans ont un jour recouvert la région où se trouvent ces dernières.

Après le soulèvement des collines, un très long processus d'érosion a commencé; il a continué jusqu'à ce que la région d'Ottawa ne soit plus qu'une plaine presque plate parsemée de racines de montagnes. Cette plaine ait été enfoncée et une mer ayant graduellement recouvert les terres, et les sédiments de cette mer ont fini par remplir les vallées et les dépressions, et même recouvert certaines collines. Au fur et à mesure que cette mer avançait, ses plages avançaient également. Ces plages étaient sableuses, comme nous le prouve aujourd'hui le grès blanc jaunâtre (la formation de Nepean) à Kanata. Ce grès a été utilisé pour fabriquer des dalles et construire nombre de bâtiments importants, notamment les édifices du Parlement.

La roche qui recouvre le grès de Nepean est épaisse de plusieurs mètres; il s'agit d'une dolomie très sableuse. Cette roche témoigne d'une période de transition dans l'histoire de la région. Elle recouvre le grès des plages, et est elle-même recouverte de calcaire. Le calcaire et le grès représentent deux chapitres distincts qui correspondent à des environnements très différents de l'histoire de la région. Il semblerait que, lorsque les plages de sables étaient toujours en formation, des sous-courants marins emportaient les grains de sable dans des eaux plus profondes, où ils se sont mélangés aux boues marines riches en carbonate de calcium et en carbonate de magnésium pour former la dolomie. On a appelé les roches de cette période la formation de March et d'Oxford.

On peut remarquer à nombre d'endroits, reposant sur la dolomie, d'épaisses couches de shale, entre autres sur les berges de la rivière des Outaouais à la hauteur du parc Rockcliffe. Ce shale, et un peu de grès, indiquent la limite des sédiments marins à ce temps. En d'autres termes, la mer qui a recouvert la région étaient beaucoup plus profonde à l'est d'Ottawa et ses rives ne se trouvaient pas très loin à l'ouest.

Le chapitre suivant de cette histoire est celui d'une ingression. Cette mer a regorgé de vie pendant des milliers d'années; à leur mort, les coquilles des petits mollusques qui y vivaient se sont déposées dans les boues, au fond de la mer. Avec le temps, de fortes pressions et des réactions chimiques ont fini par former une couche de calcaire de plusieurs centaines de mètres d'épaisseur. Les shales, qui forment la couche suivante de roches, nous mènent à une époque remontant à 400 millions d'années.

Nous n'avons pas de témoignages fossiles ou rocheux des 400 millions d'années qui ont suivi. Nous savons que la région a été soulevée, repoussée vers le bas, des failles et des plis sont apparus, et elle a subi les effets de l'érosion. Au Mésozoïque, il y a environ 175 millions d'années, le graben d'Ottawa-Bonnechere s'est formé lorsque la surface terrestre s'est enfoncée entre deux grandes failles.

Il y a 1.6 million d'années environ, le climat d'une grande partie du monde, dont l'Amérique du Nord, a commencé à refroidir petit à petit. Chaque année, un peu moins de neige fondait et, éventuellement, comme le climat de la Terre refroidissait, la neige a fini par s'accumuler au cours des années; par conséquent, les précipitations de neige s'accumulaient. Lorsque cette accumulation de neige a atteint des milliers de mètres, les premières neiges déposées, tout au fond, ont été compressées en glace. Cette glace devenue plastique a commencé à s'écouler du centre de l'amas de neige vers sa périphérie. Cette immense nappe de glace a tant grandi qu'elle a fini par recouvrir une bonne partie de l'Amérique du Nord. Au cours des 1,6 million dernières années, la région d'Ottawa-Gatineau a été recouverte plusieurs fois par d'immenses nappes glaciaires. La dernière de ces nappes a persisté de 20 000 à 11 000 ans avant le présent. Le paysage qui nous entoure porte bien des traces de leur passage.

Les écoulements de cette glace dense et extrêmement pesante ont éraflé, creusé, arraché, cassé et emporté de gros comme de petits rochers. Ainsi, des collines ont été arrondies, des vallées remplies, des rivières bloquées, de nouveaux cours d'eau formés ainsi que de nouvelles dénivellations. On estime que le niveau des océans a alors baissé d'au moins 60 mètres et peut-être même de 120 mètres pour créer cette immense nappe de glace. La glace a en fait été si lourde qu'elle a entraîné une dépression du terrain sur lequel elle se trouvait. Lorsque la nappe de glace a enfin fondu et s'est retirée, le terrain s'est lentement soulevé et, à certains endroits, ce soulèvement continue toujours. Bien sûr, quand le terrain était plus bas qu'à l'origine mais les océans avaient retrouvé leurs niveaux d'avant la glaciation, l'océan Atlantique a submergé la région.

Pendant le dernier 25 000 années, trois facteurs doivent être considérés : la glace, la mer et le soulèvement de la terre.

La forme arrondie et la surface lisse des affleurements rocheux sont attribuables à l'abrasion glaciaire; des cannelures (sillons) et des stries (égratignures) ont été gravées sur leur surface par des particules incrustées dans la semelle de glaciers en mouvement. D'énormes blocs isolés, ne provenant pas de la région, appelés blocs erratiques, ont été déposés ici et là par les glaciers. Dans quelques endroits, le substratum rocheux est couverte par le till (une mélange d'argile, silt, cailloux et blocs) qui a été transportés et déposés par le glacier. Des collines ovales (drumlins) ont été créées. Dans d'autres endroits, les eaux de fonte dans le glacier ont déposé le sable et le gravier, formant de basses collines (kames) ou les longues arêtes linéaires (eskers).

Le poids de la nappe glaciaire avait enfoncé la croûte terrestre de plusieurs centaines de mètres, et lorsque le glacier a reculé, il y a environ 12 000 ans, l'océan Atlantique a inondé la vallée de l'Outaouais pour créer la Mer de Champlain. Des plages et des deltas, aujourd'hui à 220 m au-dessus du niveau marin actuel, et un vaste manteau de boue marine (argile à Leda), qui renferme des fossiles allant de minuscules coquillages à des os de baleines, sont des témoignages de cette mer qui persistent dans le paysage actuel. À mesure que le territoire autrefois englacé s'est relevé, la mer s'est retirée; elle a fini par quitter la vallée il y a quelque 10 000 ans.

La Rivière des Outaouais a évolué comme la rivière ancestrale et ses affluents ont ajusté à le retrait de la Mer de Champlain. Il y a de 10 000 à 8000 ans, le débit de la rivière était beaucoup plus élevé qu'aujourd'hui. Les grands lacs glaciaires des Prairies et du nord de l'Ontario, ainsi que le secteur nord des Grands Lacs, se déversaient tous dans la rivière des Outaouais. À plusieurs reprises durant cette période, le lit de la rivière s'est déplacé. Les rivières ont creusé de nouveaux chenaux, créé des terrasses, des plaines d'inondation, des barres de sable et des deltas. L'emplacement actuel de la Rivière des Outaouais remonte à 8000 ans. Les chenaux abandonnés sont devenus des tourbières, comme celles de la Mer Bleue et d'Alfred.

Géologie urbaine de la région de la capitale nationale

http://gsc.nrcan.gc.ca/urbgeo/natcap/index_f.php

Histoire géologique

Les formations géologiques de la région de la capitale nationale du Canada datent de trois époques géologiques différentes. Chacune se différencie non seulement par l'âge et la durée de mise en place, mais également par la nature des processus géologiques en cause et les types de roches. On trouve donc les formations suivantes : les roches métamorphiques et ignées précambriennes du Bouclier canadien, les roches sédimentaires cambriennes et ordoviciennes de la plate-forme continentale et les sédiments non consolidés quaternaires qui composent les dépôts superficiels. Entre les formations, il y a eu de longues périodes d'érosion. Pour bien comprendre le dépôt de chaque unité géologique et son lien avec les autres, il faut situer chaque épisode dans l'histoire de la planète.

Depuis que la Terre existe (4,6 milliards d'années environ), la forme et la position des continents se sont considérablement modifiées. Les premiers indices de l'émergence d'un continent à partir du magma remontent à quelque 4,5 Ga, mais les plus anciennes roches préservées de la croûte datent de 3,9 à 3,7 Ga. À cette époque, la croûte continentale ne représentait qu'un faible pourcentage de ce qu'elle est aujourd'hui, mais à 2,5 Ga, cette proportion est passée à 50-75 %. Les premiers fragments de continent étaient probablement minces, mais les activités orogéniques les ont épaissis graduellement. Étant donné que les roches granitiques des continents étaient plus légères que la croûte océanique et le magma sous-jacent, elles ont constitué des plaques émergeant de la croûte environnante. Les mouvements de convection dans le magma ont provoqué la fracturation de la croûte sus-jacente et leur déplacement à la surface de la Terre, marquant le début de la dérive des continents.

On sait très peu de chose sur la taille, la forme et la position des continents d'avant le Protérozoïque tardif (600 millions d'années); il est probable que les continents sont entrés en collision périodiquement pour former des supercontinents comme la Pangée, pour ensuite se remettre à dériver. Dans la RCN, les roches métamorphiques et ignées précambriennes du Bouclier canadien datent de cette partie ancienne et plutôt obscure de l'histoire de la Terre. En s'approchant du présent sur l'échelle géochronologique, soit au Paléozoïque tardif, les données géoscientifiques sont de plus en plus nombreuses, permettant de mieux expliquer la formation et la position des continents. C'est la raison pour laquelle il est possible de reconstituer de façon plus précise et plus détaillée les roches sédimentaires cambro-ordoviciennes. La grande partie des formations du Cambrien et de l'Ordovicien et toutes les roches déposées après l'Ordovicien ont été érodées jusqu'au Quaternaire. De cet intervalle, il ne reste pas d'indices autres que tectoniques. Les dépôts superficiels sont composés de sédiments, entre autres, glaciaires du Quaternaire tardif (<25 000 ans), tous les autres sédiments ayant été entraînés par la dernière glaciation.

Formations précambriennes

Les roches précambriennes qui se trouvent au nord et à l'ouest de la RCN font partie du craton nord-américain, appelé la Laurentie, qui constitue une portion du Bouclier canadien. L'Amérique est considéré comme un vieux continent étant donné que le craton y est cohérent depuis 1,7 Ga, alors que ceux d'Amérique du Sud et d'Afrique se sont formés à 0,7 Ga et celui d'Eurasie, à 0,3 Ga. La Laurentie résulte de la fusion de plusieurs microcontinents dans l'intervalle allant de l'Archéen (~3,80 Ga) au Protérozoïque précoce (1,65 Ga). Les roches précambriennes de la RCN se sont mises en place durant l'orogenèse la plus récente de la Laurentie, soit l'orogenèse de Grenville entre 1,3 et 1,0 Ga, au cours de laquelle l'ancienne croûte a été considérablement remaniée.

À la fin de l'orogenèse de Grenville, les Laurentides s'allongeaient sur presque tout le sud de l'Ontario et le Québec. On n'a pas déterminé la position exacte des continents entourant la Laurentie, mais il est généralement admis que l'Amérique du Nord se trouvait au centre d'un supercontinent précambrien tardif. La position du supercontinent à la fin du Précambrien, à 600 Ma, lorsque le supercontinent s'est fracturée, était la suivante : la Laurentie était située à l'équateur, orienté à 90° par rapport à sa position actuelle, et l'Avalonie (Appalaches) et la Floride étaient loin de la Laurentie, près du craton africain.

Le terrain précambrien de la RCN est caractérisé par un relief de collines qui s'élèvent au-dessus des roches paléozoïques à surface plate et il n'est généralement recouvert que d'une mince couche de sédiments non consolidés. Les roches précambriennes qui affleurent maintenant correspondent aux racines des Laurentides qui étaient beaucoup plus élevées et qui ont été érodées par les agents atmosphériques et les glaciers durant les milliards d'années qui ont suivi leur mise en place.

La géologie des roches précambriennes est très complexe, à cause de la présence de nombreuses failles, de nombreux plis et de successions lithologiques rapides. Les roches précambriennes forment un complexe rocheux sous-jacent à toute la région. Leurs affleurements prennent les formes suivantes : collines de la Gatineau, au nord de la rivière des Outaouais, la crête de Carp, une bande étroite se dirigeant vers le sud dans l'ouest de la RCN et des hautes terres vers le sud-ouest où elles forment l'arche de Frontenac.

La carte de la géologie du substratum rocheux, http://gsc.nrcan.gc.ca/urbgeo/natcap/bed_regional_f.php (Carte - GéoServ), regroupe les roches précambriennes selon leur origine : intrusives (felsiques, mafiques et ultramafiques) migmatiques, métasédimentaires et dykes. Les roches intrusives sont le résultat d'un magma qui s'est solidifié lentement d'où la présence de gros cristaux. Les roches intrusives felsiques massives et foliées de couleur claire (granite, quartz, monzonite, syénite) abondent et forment souvent de vastes batholites (batholite de Wakefield) au nord de la rivière des Outaouais. Les roches

intrusives mafiques et ultramafiques de couleur foncée (diorite, gabbro, anorthosite) sont beaucoup moins abondantes et n'affleurent que par endroits. Les roches de la zone de contact longeant les massifs de roche intrusive qui sont en partie ignées et en partie métamorphiques sont classées parmi les roches migmatiques (amphibolite, roches vertes, gneiss). Dans ces zones de transition, la nature des roches réflète la nature des roches originales qui ont été envahies et les roches injectées. Les roches métasédimentaires, qui sont surtout situées dans l'ouest de la zone, se différencient par leur origine : les roches sédimentaires carbonatées (calcaire) ont été transformées en marbre ou en roches calco-silicatées et les roches non carbonatées (shale et grès) sont devenues des gneiss et des quartzites. Les dykes indiqués sur la carte sont composés de pegmatite associée à un granite (pegmatite rose) ou à un marbre (pegmatite blanche). Plusieurs dykes de diabase plus récents (de 675 à 450 Ma) à direction est-ouest recoupent les roches de la région.

Formations paléozoïques

Au début de l'ère paléozoïque, le supercontinent s'est scindée et les plaques résultantes se sont éloignées laissant place au proto-océan Atlantique, appelé Iapetus. La marge orientale des roches de l'orogène de Grenville formait alors la côte est de l'Amérique du Nord. La plaque tectonique avalonienne (Appalaches) poursuivait pendant ce temps-là sa dérive à une certaine distance de l'Amérique du Nord. La région de la capitale nationale etait située à l'extrémité nord-ouest du Rentrant d'Ottawa qui pénètre dans la masse continentale, limitée par l'arche de Frontenac et la chaîne des Adirondacks.

Cambrien tardif et Ordovicien précoce : transgression marine.

La transgression marine dans l'est du Québec a eu lieu au Cambrien précoce; elle a atteint la région d'Ottawa au Cambrien tardif. Les premiers dépôts sédimentaires, qui étaient issus de quartzites et de conglomérats précambriens, sont à l'origine des conglomérats et des grès feldspathiques de la Formation de Covey Hill. Cette unité s'est formée près des bords océaniques et elle correspond à des dépôts de cône alluvial et de lit fluviatile anastomosé. Elle n'affleure qu'à certains endroits (voir : Carte - GéoServ) et on ne la trouve que dans les dépressions creusées dans la surface précambrienne.

Du Cambrien tardif à l'Ordovicien précoce, les sédiments marins se sont d'abord déposés dans des eaux peu profondes, près du littoral, dans la zone tidale. Ces premiers dépôts marins (Formation de Nepean), se composent de grès de quartz à grain fin à grossier d'origine marine et terrestre, révélant des fluctuations du niveau de la mer. La portion supérieure de la formation renferme des couches dolomitiques qui sont caractéristiques d'une transgression marine (hausse du niveau marin).

À l'Ordovicien précoce, la mer a poursuivi son avancée sur les bosses précambriennes qui transpercent la Formation de Nepean et elle a déposé des sédiments carbonatés et clastiques sur des fonds peu profonds. L'unité inférieure, la Formation de March, est constituée de grès et de dolomies interstratifiés contenant des interclastes de quartzite de la taille de blocs et de cailloux, là ou l'unité est en contact avec les roches précambriennes. A mesure que la profondeur de l'eau augmentait, les sédiments devenaient de plus en plus fins, se transformant progressivement en sédiments argileux et en précipités carbonatés (CaMg) faisant partie de la Formation d'Oxford (dolomie), caractéristique d'un milieu hypersalin. Le dernier dépôt de sable correspond à la zone de transition entre la Formation de March et la Formation d'Oxford.

Ordovicien moyen à tardif : fluctuations du niveau marin.

De l'Ordovicien moyen à tardif , le microcontinent avalonien dérivait vers l'Amérique du Nord et les plaques convergentes ont produit une ceinture orogénique (Appalaches) le long de la marge est du craton laurentien. La plate-forme continentale, sur laquelle les dépôts du Cambrien tardif et de l'Ordovicien précoce se sont accumulés, s'est, par conséquent, progressivement déformée. Le soulèvement de la plate-forme continentale au début de l'Ordovicien moyen, a causé la régression de la mer, causant une exposition subaérienne et l'érosion d'une grande partie des roches de l'Ordovicien précoce.

La période d'érosion a précédé une deuxième période de transgression marine dans le rentrant d'Ottawa au cours de laquelle se sont déposés les sédiments (Formation de Rockliffe) provenant des roches précambriennes environnantes soulevées. Les roches de la Formation de Rockcliffe passent d'un grès accompagné ici et là de conglomérat à cailloux de quartz à un shale et à un calcaire dans lesquels s'intercalent des couches de dolomie silteuse, révélant l'approfondissement de l'eau surtout vers l'est. La période de sédimentation de la Formation de Rockliffe a été suivie par une régression marine exposant les sédiments à l'érosion.

Une troisième invasion marine a suivi l'hiatus après la sédimentation de la Formation de Rockliffe. La séquence sédimentaire s'est amorcée près des sédiments littoraux de la Formation de Shadow Lake qui reposent en discordance sur la Formation de Rockliffe. Cette formation n'affleure pas dans la RCN, mais on peut l'observer entre les formations de Rockliffe et de Gull River dans une coupe érodée par la rivière Rideau à la cascade Hog's Back. La base de la formation se compose de grès qui se transforme graduellement en shale sableux interstratifié avec des roches carbonatées.

La succession sus-jacente de shales, de dolomies et de calcaires des formations de Gull River, de Bobcaygeon, de Verulam et de Lindsay représente une sédimentation quasi continue sur une plate-forme de plus en plus profonde.

Une teneur de plus en plus élevée de matières organiques dans les roches plus récentes caractérise les formations de l'Ordovicien moyen. Même si des fossiles sont présents dans les formations de March et d'Oxford, ce n'est que dans la formation de Gull River et encore davantage dans la

Formation de Bobcaygeon que les fossiles abondent suffisamment pour modifier les caractéristiques des roches. La Formation de Verulam est décrite comme un calcaire fossilifère avec intercalations de shale calcaire tandis que les formations de Lindsay et d'Eastview sont des calcaires noires interstratifiés riches en matières organiques et des shales très calcaires. L'abondance accrue de végétation et de vie marine dans le rentrant d'Ottawa présente des conditions idéales pour le développement de la vie, comme une eau chaude et un milieu marin protégé peu profond.

Ordovicien tardif : sédimentation en eau profonde et régression.

Durant la première partie de l'Ordovicien tardif, le niveau de la mer a poursuivi sa montée de sorte que la sédimentation de la plate-forme a eu lieu en eau profonde. Durant la deuxième partie, la migration continue vers le nord-ouest du front structural des Appalaches a soulevé la plate-forme entre les cratons laurentien et avalonien. Le soulèvement de la croûte, conjugué à une glaciation continentale possible du craton nord-africain a eu pour effet d'abaisser le niveau marin jusqu'à un point où le Rentrant d'Ottawa s'est isolé de la mer pour ensuite s'assécher complètement.

La Formation de Billings se compose de shale dans lequel s'intercalent de minces couches calcaires gris foncé; elle se distingue de la Formation d'Eastview sous-jacente par l'absence de calcaire, indicateur d'une sédimentation sur une plate-forme profonde. Les sédiments de la Formation de Billings se sont déposés durant une transgression marine de longue durée. La Formation de Billings laisse place à la Formation de Carlsbad qui, d'après les interstratifications de shale, de siltstone calcaire fossilifère et de calcaire bioclastique silteux qui la composent, s'est mise en place dans un environnement évoluant de mer profonde à mer peu profonde. La séquence sédimentaire révèle une régression marine qui s'est poursuivie durant la sédimentation de la Formation de Queenston jusqu'à un environnement variant de mer bordière à mer peu profonde. La Formation de Queenston, formation de shales gris verdâtre, de siltstone et de calcaires accessoires est l'unité paléozoïque la plus récente n'ayant pas été érodée.

Du Silurien au Quaternaire

Entre la fin de l'Ordovicien et le Quaternaire, il existe une lacune de sédimentation. Durant cet intervalle, les roches précambriennes et ordoviciennes ont été en grande partie érodées; jusqu'à 1 000 mètres de roche ont disparu dans certaines zones. À cette époque, la plate-forme sédimentaire grenvillienne a été déformée par l'orogenèse appalachienne, comme en témoignent de nombreuses failles et le déplacement vertical de blocs paléozoïques et précambriens. La surface généralement uniforme des roches entre les blocs faillés, révélée par la topographie du substratum rocheux, indique un nivellement par érosion depuis l'Ordovicien.

Pendant l'intervalle de ~185 millions d'années séparant l'Ordovicien et le Permien moyen, la Floride et l'Avalonie ont poursuivi leur dérive vers le craton laurentien pour se joindre à l'Amérique du Nord. À la même période, les continents sont entrés en collision pour former lesupercontinent de 'Pangée' au Paléozoïque- Mésozoïque. Il ressort d'une reconstitution de la position des continents que le supercontinent a commencé à se fracturer à la fin du Trias jusqu'au Jurassique précoce et que les plaques ont dérivé jusqu'à leur position actuelle pour former les continents que nous connaissons. L'Amérique du Nord s'est déplacé lentement vers des latitudes plus hautes d'où des changements dans le climat, la faune, la flore et les processus géologiques qui ont façonné la surface du continent. (Sources: Bally, 1989; Bally et al.,1989; Hoffman, 1989; Johnson et al.,1992; McLennan, 1992; Rast,1989; Williams, 1991; Hogarth, 1962.)

Quaternaire

(Depuis la publication, l'échelle des temps géologiques a été révisée et les périodes quaternaire et dernière tertiaire ont joint pour devenir la période neogene.)

Le Quaternaire, qui a débuté voilà 1,64 million d'années, est la période la plus récente et la mieux connue au Canada. Les continents étaient situés à peu près au même endroit. En Amérique du Nord, cette période se caractérise par des changements climatiques qui ont provoqué de nombreux processus : accumulation et fonte de nappes glaciaires continentales, transgressions et régressions marines, avancée et recul de déserts, érosion en profondeur du socle, élimination des sédiments non consolidés et dépôt de matériaux nouvellement érodés. Le Quaternaire correspond en outre à l'apparition sur Terre de la race humaine.

Presque tout le pays a été recouvert de glace à un moment ou à un autre durant le Quaternaire, et dans plusieurs régions du pays, il subsiste des traces d'au moins quatre périodes glaciaires importantes. On ne sait pas combien de nappes glaciaires ont recouvert la région de la capitale nationale car l'érosion des plus récentes nappes glaciaires a effacé les indices des glaciations précédentes. C'est pourquoi les sédiments non consolidés dans la région de la RCN se composent de sédiments datant de la dernière glaciation (Wisconsinien), de sédiments marins de la mer de Champlain et des mêmes sédiments remaniés par des processus géomorphologiques récents.

Au Wisconsinien tardif, (23-10 Ka), une nappe glaciaire continentale, appelée inlandsis laurentidien, a recouvert presque tout le Canada. L'inlandsis comportait trois principaux secteurs alimentés par trois dômes différents. L'un de ces dômes s'est formé dans la région du Québec-Labrador et s'est progressivement étendu dans toutes les directions tant dans l'est que dans l'ouest du pays. Dans la RCN, l'inlandsis a avancé vers le sud sur les collines de la Gatineau et la vallée des Outaouais, et vers le sud-ouest, sur l'arche de Frontenac. Durant les premiers stades de la glaciation, un important cours d'eau glaciaire s'écoulait dans la Gatineau et dans les vallées adjacentes orientées dans le sens nord-sud, mais toute la région a été finalement recouverte par un glacier de plusieurs milliers de mètres d'épaisseur. Les sédiments non consolidés, antérieurs à la

glaciation du Wisconsinien tardif, et les couches supérieurs du substratum rocheux ont été érodés par l'inlandsis laurentidien et transportés dans la direction de l'écoulement glaciaire sur des centaines de kilomètres. Quant aux matériaux déposés par l'inlandsis, ils provenaient de zones situées à des centaines de kilomètres en amont de la RCN. Le dépôt des matériaux érodés est à l'origine des tills et des formes de relief glaciaires. (Voir la géologie de dépôts superficiels : Carte – GéoServ ; http://gsc.nrcan.gc.ca/urbgeo/natcap/surf_introduction_f.php

Vers la fin du Wisconsinien, en même temps que reculaient les glaciers continentaux à partir de leur position maximale, l'inlandsis laurentidien s'amincissait sur la RCN. Les hautes terres ont émergé et les langues glaciaires ne subsistaient plus que dans les vallées des collines de la Gatineau. L'eau de fonte glaciaire a transporté d'énormes quantités de sédiments au-delà de la marge glaciaire, les déposant sur les plaines d'inondation dans les lacs glaciaires et dans la mer de Champlain .

Le poids de l'inlandsis wisconsinien a abaissé la croûte terrestre sous le niveau de la mer. Au moment de la déglaciation, les lacs proglaciaires alimentés par les eaux de fonte n'ont pas tardé à être envahis par les eaux marines de la mer de Champlain dans la vallée du St-Laurent. L'invasion marine a duré 2 500 ans, de 12 à 9,5 ka. Par endroits, c'a duré 1 500 ans, de 11,5 à 10 ka et la limite marine s'est élevée à 210 m du niveau actuel. Durant l'invasion marine, une couche d'argile et de silt marins atteignant jusqu'à 100 mètres d'épaisseur (connue sous l'appellation d'argile de Leda) s'est déposée sur les sédiments glaciaires. Le rebond isostatique de la croûte terrestre a causé le retrait de la mer de Champlain de la région d'Ottawa vers 11,2 ka. Au cours de l'abaissement du niveau de la mer, l'action des vagues a érodé et remanié la surface des sédiments marins et glaciaires, redéposant les sédiments plus grossiers près de la rive et transportant les sédiments plus fins vers les eaux profondes.

Durant le retrait de la mer de Champlain, le front glaciaire sèest stabilisé (de 11,1 à <11 ka) à 30 km environ au nord d'Ottawa. Les glaces se sont retirées de la partie amont de la vallée de l'Outaouais entre 11 et 10 ka, créant des ouvertures par où s'écoulaient les eaux fluvio-glaciaires provenant des Grands Lacs supérieurs et des vastes lacs glaciaires du nord de l'Ontario et des Prairies canadiennes en passant par la vallée des Outaouais. Les débits élevés de l'ancienne rivière des Outaouais ont entaillé les sédiments glaciaires et marins jusque vers 5,5 ka, formant d'innombrables terrasses le long de la vallée. Le soulèvement isostatique graduel de la croûte a réorienté le drainage des lacs nordiques et des prairies vers la baie d'Hudson, et celui des Grands Lacs supérieurs vers la vallée du St-Laurent, en passant par les Grands lacs inférieurs, abandonnant un certain nombre de lits fluviatiles de l'ancienne rivière des Outaouais. En 4,7 ka, le bassin de la rivière des Outaouais était à peu près semblable à celui d'aujourd'hui (Source: Aylsworth et al., 1997; Fulton et Richard, 1987; Gadd, 1987).

Bibliographie

Aylsworth, J.M., Lawrence D.E., and Evans, S.G.
1997: Landslide and settlement problems in sensitive marine clay, Ottawa Valley; Geological Association of Canada, Mineralogical Association of Canada, Joint Annual Meeting, 1997, Ottawa, Field Trip B1, 63 p.

Bally, A.W.
1989: Phanerozoic basins of North America, in The geology of North America- An overview, Bally, A.W. and Palmer, A.R. eds., The Geology of North America, v. A, GSA, Boulder, Colorado, Chapt. 15.

Bally, A.W., Scotese, C.R., Ross, M.I.
1989: North America; Plate-tectonic setting and tectonic elements, in The geology of North America- An overview, Bally,A.W. and Palmer, A.R. eds., The Geology of North America, v. A, GSA, Boulder, Colorado, Chapt. 1.

Fulton, R.J. and Richard S.H.
1987: Chronology of late Quaternary events in the Ottawa region; in Quaternary Geology of the Ottawa Region, Ontario and Québec, Fulton, R.J., (ed.), Geological Survey of Canada, paper 86-23.

Gadd, N.R.
1987: Geological setting and Quaternary deposits of the Ottawa region, in Quaternary Geology of the Ottawa Region, Ontario and Québec, Fulton, R.J., (ed.), Geological Survey of Canada, paper 86-23.

Hoffman, P.F.
1989: Precambrian geology and tectonic history of North America, in The geology of North America- An overview, Bally,A.W. and Palmer, A.R. eds., The Geology of North America, v. A, GSA, Boulder, Colorado, Chapt. 16.

Hogarth, D.,D.
1962: A guide to the geology of the Gatineau-Lièvre district, Can. Field-Naturalist, Vol. 76, pp. 1-55

Johnson, D.K., Armstrong, D.K., Sanford, B.V., Telford, P.G., and Rutka, M.A.
1992: Paleozoic and Mesozoic Geology of Ontario, in Geology of Ontario, OGS Special Vol. 4, Part 2, Chapt. 20.

McLennan, S.M.
1992: Continental Crust, in Encyclopedia of Earth System Science, V.1, Academic Press, Orlando.

Rast, N.
1989: The evolution of the Appalachian chain, in The geology of North America- An overview, Bally, A.W. and Palmer, A.R. eds., The Geology of North America, v. A, GSA, Boulder, Colorado, Chapt. 12.

Williams, D.A.
1991: Paleozoic Geology of the Ottawa-St. Lawrence Lowland, Southern Ontario; Ont. Geol. Surv., O.F. Report 5770.

Ce projet a été financé par le Ministère des Ressources Naturelles du Canada et le gouvernement de l’Ontario