



GÉOSCOPE

LE JOURNAL D'INFORMATION DU DÉPARTEMENT DE GÉOLOGIE ET DE GÉNIE GÉOLOGIQUE DE L'UNIVERSITÉ LAVAL

Vol. 4 n° 7

www.ggl.ulaval.ca

16 Mai 2003

Mot du directeur



Ce numéro du Géoscope est le dernier mais non le moindre, de l'année universitaire 2002-2003.

Vous y trouverez deux articles du groupe de l'Observatoire de Géodynamique, un compte-rendu de la 4^e Journée des Sciences de la Terre et d'autres nouvelles et annonces concernant des participations à des congrès et le rappel de la tenue du Symposium sur les sédiments contaminés

qui aura lieu à la fin de mai. Vous remarquerez également la création d'un fond d'enseignement et de recherche pour le Département de géologie et de génie géologique qui commencera à remettre des bourses au recrutement d'étudiants aux trois cycles et une aide à la recherche à partir de 2008. Signalons pour finir l'arrivée du nouveau professeur Daniel Cassidy qui oeuvre dans le domaine de la bioremédiation. Un portrait complet de cette nouvelle recrue vous sera communiqué dans le premier numéro de la rentrée 2003-2004. J'aimerais une fois de plus remercier tous les étudiants gradués qui ont contribué au succès de la Journée des Sciences de la Terre. Cette activité est très importante pour la dynamisation des programmes gradués interuniversitaires Laval-INRS-ETE "Géosciences Québec" et est une excellente vitrine pour exposer les projets de recherche très diversifiés qui y sont menés. Il est prévu que la 5^e JST soit tenue en mars 2004.

L'année que nous complétons a été fort bien remplie et je constate l'intérêt soutenu des lectrices et des lecteurs. Ce journal sera d'autant plus intéressant s'il est alimenté par vos contributions. Alors n'oubliez pas de prendre cet été notes, photos, etc pour le prochain volume du Géoscope. Un grand merci à l'équipe de rédaction et en particulier à Carl Guilmette qui a fait un travail formidable comme journaliste-éditeur.

A toutes et à tous un excellent été!

Bonne lecture.
REJEAN HÉBERT
Directeur du Département

Agenda

Activités passées :

25 Avril : Conférence du docteur Serge Perreault, du MRNQ : *Synthèse géologique de la région de Mécatina Blanc-Sablon (Basse-Côte-Nord, Québec) Province de Grenville*, 11h30 local A201 Atrium, Géologie Québec.

9 Mai : Conférence de Monsieur Serge Genest, de Omégalpha Inc.

:Les Impacts Météoritiques : des agents géologiques et métallogéniques méconnus, 11h30 local A201 Atrium, Géologie Québec.

En vrac

Participants de l'Université Laval au 18^{ème} HKTW, à Locarno, Suisse.

C'est du 2 au 4 Avril 2003, à Locarno, en Suisse, que s'est tenu le "18th Himalayan-Karakoram-Tibetan Workshop". Cet événement annuel regroupe les chercheurs/scientifiques internationaux (Chine, Pakistan, Inde, Angleterre, États-Unis, Canada, France, Autriche, Suisse, Italie, etc.) travaillant en néotectonique, en géomatique, en géologie ou en géophysique dans les régions entourant la plus haute chaîne de montagnes de la planète.

L'Équipe GÉO (Génèse et Évolution des Ophiolites) de l'Université Laval a pu contribuer à l'atelier par le biais d'une présentation orale par Céline Dupuis et de deux affiches par Réjean Hébert et Carl Guilmette portant toutes trois sur l'avancement des travaux en géochimie et en pétrologie ignée et métamorphique dans la section centrale de la ceinture ophiolitique située entre les plaques Indienne et Eurasienne au Tibet. Le groupe GÉO sera aussi représenté au GAC-MAC 2003 à Vancouver. Bon travail !

Compte rendu : Journée des Sciences de la Terre, Avril 2003

La Journée Conjointe des Sciences de la Terre de l'Université Laval-INRS-ETE s'est déroulée le 24 Avril 2003. Cette journée, rappelons-le, vise à informer la communauté scientifique des divers projets gradués en cours en Sciences de la Terre dans la ville de Québec. Au cours de cette journée, 15 présentations orales et autant d'affiches ont permis aux étudiants gradués de montrer l'avancement de leurs projets et d'en discuter avec d'autres scientifiques.

Rappelons aussi que Mona Baker et Caroline Samson ont reçu les prix de la meilleure présentation et de la meilleure affiche, respectivement. Félicitations !

Remercions finalement les organisateurs de la JST 2003 qui ont trimé dur pour faire de la JST 2003 un succès !

Merci aux organisateurs :

Francis Giroux, Mona Baker, Viviane Dubois-Côté, Christiane Bochud, Martine Paradis, Marie-Claude Lévesque, Christian Boyaud, Cintia Racine et Carl Guilmette.

L'ALASKA : UN PUZZLE GÉOLOGIQUE

Présenté par
Luc Laperrière et Émilie Guégan

L'Alaska se situe à l'extrême nord-ouest du Canada, sur le bord de l'océan Pacifique. Du point de vue de sa superficie, l'Alaska est le plus grand état des États-Unis (avec 1,5 million de km²). La frontière canado-alaskienne suit le 141^e méridien de l'océan Arctique au mont Saint-Elias, puis s'allonge pour former l'arc volcanique des îles Aleutiennes sur la côte pacifique. Au Nord, l'Alaska s'approche jusqu'à 90 km de la Russie, dont elle est séparée par le détroit de Béring (Figure 1). Cette région présente une géologie très complexe composée d'une multitude de terranes dont les principales composantes seront énoncées dans cet article.



Figure 1: Situation géographique de l'Alaska

Géologie régionale

L'Alaska comprend 4 grandes régions géologiques complexes reflétant des formations tectoniques ainsi que des volcanismes différents. Du nord au sud, ces régions sont la plaine côtière arctique, la Cordillère du Nord, le plateau intérieur ainsi que la Cordillère du Sud (Figure 2).



Figure 2 : Régions formant l'Alaska

S'étendant sur plus de 400 000 km² la plaine côtière arctique est constituée majoritairement de dunes formées de dépôts d'alluvions, c'est-à-dire d'argile, de sables et de graviers. D'élévation ne

dépassant guère 200m, cette plaine plonge de quelques degrés tous les kilomètres pour finalement se terminer au bord du bassin canadien. Cette plaine consiste en fait, en un gigantesque miogéoclinial, représentant un bassin d'avant pays, formé de séquences sédimentaires du Paléozoïque et du Mésozoïque marines et non-marines reposant sur un socle Précambrien. Ce bassin serait apparu lors de la surrection des Brooks Range formant la Cordillère du Nord.

La Cordillère nord est constituée, comme mentionné précédemment, des Brooks Range qui représentent une extension des Montagnes rocheuses dans cet état, mais également les Monts Delong et Baird, situés à l'extrémité ouest des Brooks Range, ainsi que les Arctic Foothills au nord de ceux-ci. L'Arctic Foothills consiste en une série de collines, d'orientations ouest-est et d'élévations variant entre 500 et 300m. L'élévation générale de la Cordillère du nord diminue de l'est à l'ouest passant respectivement de 2100-2400m à 1000-1500m. Relativement jeune géologiquement, ce terrain accidenté est toujours en surrection, ce qui provoque des répétitions, quasi quotidiennes, de séismes de magnitudes variées. Cette chaîne de montagnes n'est pas, comme les Appalaches ou l'Himalaya, une chaîne de collision, mais elle est plutôt constituée d'une suite de subterrane allochtones accrétés les uns aux autres et délimités par de nombreuses failles de chevauchement; cette accretion formant une suite de ceintures rocheuses possédant chacune leur géologie propre. Les terranes et subterrane seront plus spécifiquement abordés dans la prochaine section.

Le plateau intérieur s'étend sur plus de 590 000 km². La physiographie de cette région est des plus diversifiée. Plateaux, collines et montagnes isolées s'y côtoient en délimitant de nombreux bassins de faibles élévations (200m) en partie comblé par des dépôts d'alluvions quaternaires. Parmi ces bassins se retrouvent le bassin Koyukuk et le Yukon flats. Le socle rocheux de cette région intérieure est composé, à l'est, d'assemblages sédimentaires et métamorphiques respectivement du début du Paléozoïque et du Précambrien, tandis qu'à l'ouest ce socle n'est composé que de roches métamorphisées datées également du Précambrien, formé de nombreux terranes. De plus, ce socle est recoupé par de nombreux complexes plutoniques, autant à l'est qu'à l'ouest, datant du milieu du Crétacé au début du Tertiaire. Ces plutons seraient les vestiges d'un ancien arc volcanique intraocéanique. Ces socles rocheux sont recouverts d'une épaisse couche de sédiments formant le groupe de Kolwin, reposant en discordance sur le socle. Plus au sud de cette région se trouve, également, de vastes complexes de péridotites fortement serpentinisées comprises dans une série de collines, le Northern Foothills, faisant face au sud à la Cordillère sud.

Cette Cordillère du sud possède une physiographie composée de suites de Monts et montagnes à l'occasion séparées par des basses-terres interconnectées entre elles et formant des vallées discontinues en partie comblées par des dépôts glaciaires du Pléistocène. Au nord de la Cordillère sud se trouve l'Alaska Range (résultant de la subduction de la plaque Pacifique sous la plaque Américaine) au sud les Monts Talkeetna, Wrangell et à l'ouest l'Aleutian Range. L'élévation de ces Monts se situe généralement entre 2000 et 4000m. Cette cordillère sud s'est entièrement formée par collage de terranes paléozoïques. Ces

terrane sont principalement de dépôts de flysch, d'anciens arcs volcaniques et de prismes d'accrétions et sont également recoupés par de nombreux complexes plutoniques et recouverts, dans certaines régions, par d'épais dépôts de roches volcaniques. À plusieurs endroits, ces terranes sont séparés par des zones de sutures composées de roches ultramafiques, c'est-à-dire des complexes ophiolitiques. L'Alaska Range est un exemple spectaculaire de la surrection d'une chaîne de subduction. Surrection provoquée par la compression imposée par la subduction de la plaque Pacifique sous la plaque Nord-Américaine dans la fosse des Aléoutiennes.

Terranes et structures

Comme mentionné précédemment, l'Alaska est constituée d'une très petite partie du craton nord-américain mais majoritairement de nombreux terranes. Ces terranes sont des blocs d'origine diverse, transportés jusqu'à leurs emplacements actuels par le mouvement de deux lithosphères océaniques actuellement englouties, c'est-à-dire les plaques Farallon et Kula.

La plaine côtière arctique ainsi que la Cordillère du Nord ne forment qu'un et unique terrane. Il s'agit du terrane Arctique. Ce terrane est constitué de trois subterrane : North Slope, Endicott et Hammond. Les deux premiers subterrane sont essentiellement constitués de sédiments terrigènes et de roches précambriennes alors que le troisième est constitué d'un assemblage métamorphisé (schistes, métarhyolites) et de granites. Dans le subterrane North Slope (plaine cotière arctique), le nombre de failles chevauchantes, à vergence sud, augmente de façon graduelle vers le sud dû à l'orogénie Brookienne. Les deux autres subterrane, formant la Cordillère du Nord, sont séparés par une importante concentration de failles inverses.

La région de l'Alaska intérieure est un collage de six principaux terranes. Les trois premiers, le Yukon-Tanana, le Ruby et le Seward, sont des assemblages métamorphiques constitués principalement de schistes, de métarhyolites et d'amphibolites. On y retrouve également des complexes ophiolitiques. Deux autres terranes sont, contrairement aux précédents, constitués de roches volcaniques ainsi qu'une grande partie de plutons. Ces deux terranes sont le Kogukuk et le Togiak. Ceux-ci sont considérés comme les vestiges d'un ancien arc volcanique intraocéanique. Le dernier terrane, le Dillinger, est composé exclusivement de sédiments terrigènes marins; il ne s'agit que d'une séquence de turbidite. Ces différents terranes sont délimités par de nombreuses failles décrochantes, de mouvements dextres, dont les plus importantes sont les failles Tintina (se séparant en deux autres failles majeures : Klatag et Tuzotna), Kobuk et Denali orientées pour la plupart vers l'est et le nord-est. Au sud et à l'est de cette région se trouve également de nombreuses failles inverses épousant la limite de la Cordillère Sud.

La Cordillère du Sud est constituée en majorité de terranes reliques d'un arc volcanique intraocéanique antérieur à celui accrété pour former l'Alaska intérieur. Ces terranes sont au nombre de cinq. Les terranes de Peninsular, de Wrangellia et d'Alexander sont formés de basaltes ainsi que de roches volcanoclastiques terrigènes. Les deux derniers terranes sont le Kahilta et le Chugach. Ces deux terranes sont respectivement composés de dépôts marins

d'eaux profondes (flysch), de basaltes en coussins ainsi que de roches ultramafiques. Tout comme les trois régions précédentes, cette région est recoupée par de nombreuses failles orientées majoritairement vers l'est et le nord-est. Les failles de décrochement majeures sont les failles de Denali, de West Fork, de Chitina Valley et de Castle Mountain. Les principales failles chevauchantes sont les failles de Broxson et de Talkeetna, également d'orientation nord ou nord-est.

Modèle d'évolution de l'Alaska

Plusieurs modèles d'évolution de l'Alaska furent proposés lors des dernières décennies. Ceux-ci tentent d'expliquer l'agglomération des nombreux terranes formant cette région. Le modèle proposé ici est celui établi par G. Plafker et H. C. Berg et comporte 8 stades d'évolution, résumé en 4 étapes, s'étendant du Cambrien jusqu'à aujourd'hui :

1) Cambrien au Trias tardif (Figure 3) :

Le craton nord-américain forme une marge active située à la frontière actuelle Alaska-Yukon. Certains terranes se sont préalablement accrétés au craton, dont l'Arctique, le Ruby, le Dillinger et le Yukon-Tanana. La présence de cette subduction provoquera la formation d'un arc intracontinental ainsi que le début d'ouverture d'un bassin d'arrière arc. Plus à l'ouest, un arc volcanique intraocéanique se forme. Cet arc est constitué alors des terranes d'Alexander, de Wrangellia et de Peninsular.

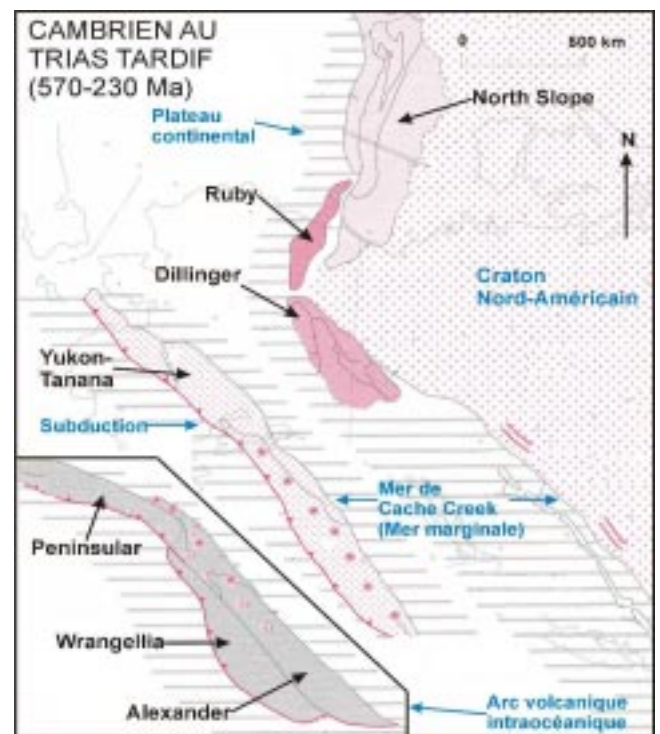


Figure 3 : Évolution de l'Alaska pour le Cambrien-Trias tardif (tiré de The Geology of Alaska, G. Plafker and H.C. Berg)

Le développement d'un bassin arrière arc provoque l'ouverture d'une mer marginale avec une croûte océanique (Mer de Cache Creek).

2) *Trias tardif au milieu Crétacé (Figure 4):*

L'apparition d'une fissure crustale provoque une rupture de la croûte océanique ainsi qu'une subduction pour compenser le mouvement. Il y a alors apparition d'un second arc volcanique intraocéanique formant les terranes de Togiak et de Koyukuk.

L'extension océanique dans l'Arctique provoque une collision arc-continent, le déplacement de la zone de subduction ainsi qu'une rotation anti-horaire. Par la suite se produit la fermeture de la mer de Cache Creek. La terrane de Kahiltna se forme au large de l'arc intraocéanique.

3) *Milieu Crétacé au Paléocène (Figure 5):*

Seconde collision arc-continent où les terranes d'Alexander, de Wrangellia et de Peninsula viennent s'accréter au continent. C'est le début de l'orogénie Brookienne qui formera les Brooks Range et provoquera le développement du bassin d'avant-pays (plaine arctique côtière).

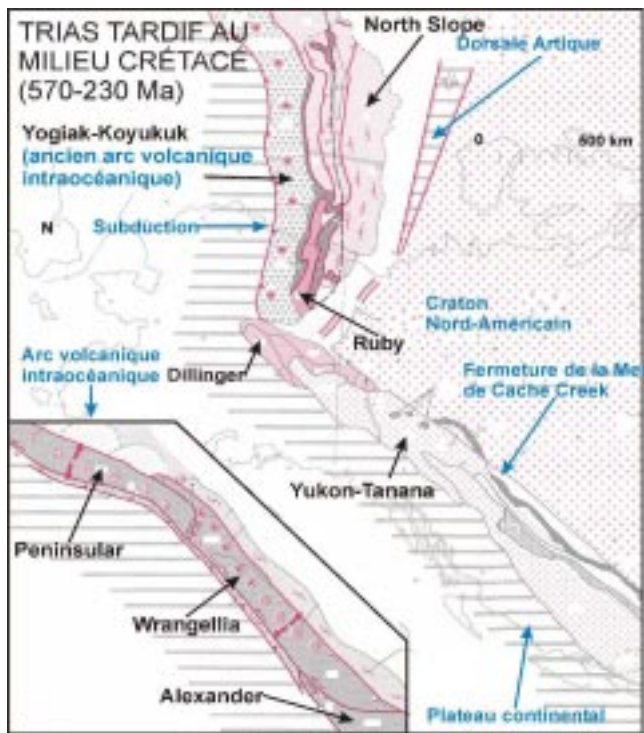


Figure 4: Evolution de l'Alaska pour le Trias tardif à milieu Crétacé (tiré de The Geology of Alaska, G. Plafker and H.C. Berg)

La rotation cesse dû à l'arrêt de l'activité de la dorsale de l'Arctique. L'orogénie Brookienne continue. Des failles majeures de décrochement apparaissent, dont les failles de Denali et de Tintina, de Kobuk, de West Fork et de Chitina Valley pour accommoder la compression due à la subduction. Il se développe un nouvel arc volcanique intracontinental provoqué par la nouvelle subduction au large de l'Alaska.

4) *Paléocène à aujourd'hui (Figure 6) :*

Début de la formation de l'Alaska Range suite à la compression imposée par la subduction de la plaque Pacifique.

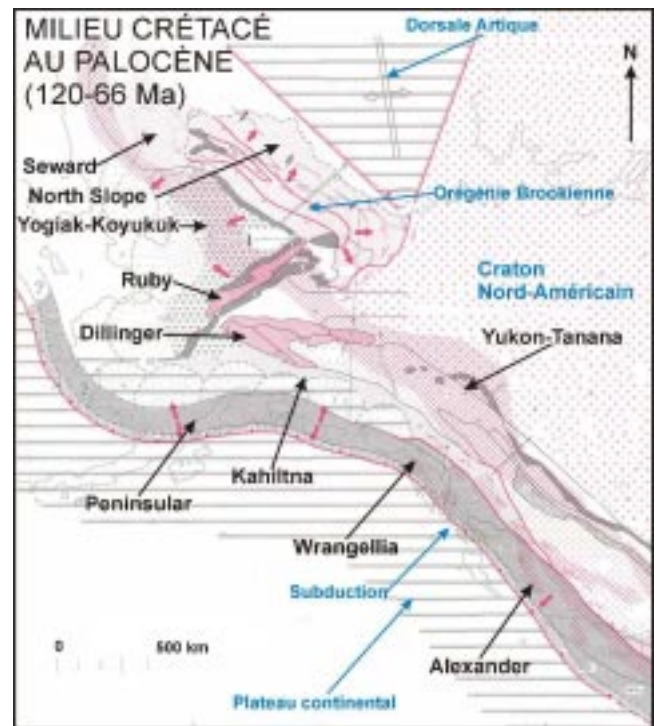


Figure 5: Evolution de l'Alaska pour le Milieu Crétacé - Paléocène (tiré de The Geology of Alaska, G. Plafker and H.C. Berg)

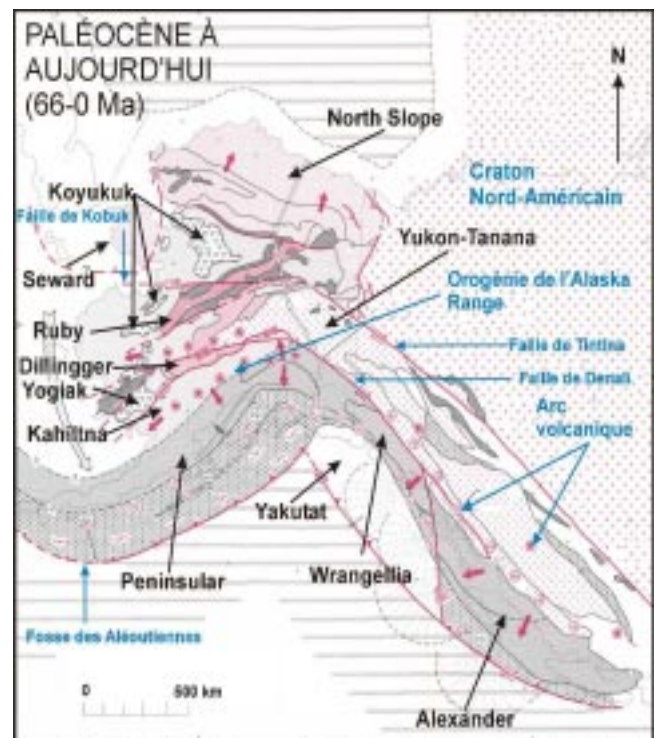


Figure 6: Evolution de l'Alaska pour le Paléocène - Milieu Eocène (tiré de The Geology of Alaska, G. Plafker and H.C. Berg)

Les failles de décrochement se développent toujours pour accommoder cette compression. Apparition des failles de chevauchement dans la Cordillère du Sud. Puis vers l'Éocène, les failles de décrochement cessent leur activité.

Les glaciers et le rebond glaciaire en Alaska

Les glaciers recouvrent actuellement seulement 5 % de l'Alaska, alors qu'ils s'étendaient sur plus de la moitié de cette région durant l'avancée glaciaire au Cénozoïque. Le plus récent maximum glaciaire en Alaska a eu lieu il y a entre 25000 et 20000 ans (Figure 7).

Les enregistrements des avancées glaciaires en Alaska ont fortement été influencés par le tectonisme. Les volcans ont en effet été actifs au Cénozoïque le long de la zone active de subduction et les coulées de laves et les couches de téphra ont permis de corréliser les avancées glaciaires.



Figure 7. Mont Fairweather, Glacier Bay

Les mouvements verticaux de la croûte dans cette région peuvent donc être associés à deux phénomènes : d'une part en réponse aux contraintes causées par la subduction de la plaque Pacifique et à la collision du terrane Yakutat avec l'intérieur de l'Alaska (Figure 6); d'autre part à une réaction isostatique de l'écorce due à la fonte des glaciers, qui en soulageant le socle a provoqué la surrection, accompagnée d'un basculement. En effet l'équilibre isostatique s'est établi en fonction de la surcharge représentée par la calotte glaciaire. La lithosphère s'est déprimée d'autant que l'épaisseur de la glace était élevée. L'installation de cette calotte glaciaire sur une portion de lithosphère présente comme conséquence principale la relaxation isostatique postglaciaire se traduisant par une remontée du substratum précédemment englacé et des zones adjacentes, contemporaines du retrait glaciaire.

Il y a dans ce cas deux effets contradictoires: une remontée eustatique liée à la fonte des glaces et un relèvement isostatique local de la lithosphère, maintenant libérée du poids de la glace (J.N.Proust, M.Deynoux et F.Guillocheau, 1990). Cette région est encore le lieu de fortes anomalies négatives.

Bien que les fortes compressions horizontales soient corrélées spatialement avec une élévation des reliefs faut-il également les corréliser à des taux de réajustements isostatiques parmi ceux les plus élevés au monde ? Quelles sont les contributions actuelles et passées des décharges glaciaires et des forces tectoniques régionales sur le surélévation de l'Alaska Range ?

Ces interrogations n'ont pas encore trouvé de réponses précises. Cependant des méthodes peuvent être utilisées pour caractériser l'amincissement des glaciers et donc le possible réajustement isostatique. Une des méthodes consiste à comparer l'élévation des moraines passées avec les surfaces des glaciers actuels. On peut également mesurer les déplacements horizontaux et verticaux dans le temps depuis quelques années grâce à une surveillance GPS de la zone. Il ressort de ces études que le surélévation de cette région due à un amincissement des glaciers moyen de 1-6 m/an est de 1-12 mm (J. Sauber, G. Plafker, B.F. Molnia, et M.A. Bryant, 2000). Or cette région subit en tout une élévation annuelle de 4 cm en réponse à l'isostasie ou aux forces tectoniques, ou aux deux à la fois. Cette observation se corrèle donc parfaitement avec les travaux de Clarke (1977) qui avait déterminé que 25 à 35 % de la surélévation observée de 1910 à 1960 pouvait être attribuée à un rebond élastique suite à une décharge glaciaire survenue à la même période.

Conclusion

L'Alaska est donc une région dont l'histoire géologique est complexe. La topographie de l'Alaska observable aujourd'hui est le fruit de l'accrétion de terranes ainsi que de la proximité d'une zone de subduction. De plus cette région est donc en proie à une superposition critique du glacio-eustatisme, de la surrection postglaciaire du substratum et de la surrection provoquée par la proximité de la zone de subduction. Les mouvements verticaux de la lithosphère suite au rebond glaciaire ne peuvent être négligés, et des séismes allant jusqu'à des magnitudes de 4 sur l'échelle de Richter (J.Sauber, G. Plafker, B.F.Molnia, et M.A.Bryant, 2000) ont été attribués à ces phénomènes et doivent donc être différenciés de ceux reliés à la subduction. Mais les phénomènes glaciaires s'expriment de manière instantanée à l'échelle géologique par rapport aux subductions et aux accrétions qui sont mesurables sur des millions d'années.

Références

- G. Plafker, C.B. Henry; *The Geology of North America, The Geology of Alaska, Vol. G-1, The Geological Society of America, 1994*
- J.N.Proust, M.Deynoux et F.Guillocheau, *Effets conjugués de l'eustatisme et de l'isostasie sur les plates-formes stables en périodes glaciaires. Société géologique de France, 1990, (8), VI, n 4 pp 673-681*
- Clarke, J.A (1977). *An inverse problem in glacial geology : The reconstruction of glacier thinning in Glacier Bay, Alaska between A.D. 1910 and 1960 from relative sea-level data. Journal of Glaciology, 18, pp 481-503*
- J.Sauber, G.Plafker, B.F.Molnia, and M.A.Bryant ; *Crustal deformation associated with glacial fluctuations in the eastern Chugach Mountains, Alaska ; Journal of Geophysical Research, Vol 105, p 8055-8077, April 2000*
<http://www.priweb.org/ed/TFGuide/NE/glaciers/glaciers.pdf>
- Bill Jones; *The geology of Ancient Alaska*
<http://www.explorenorth.com/articles/billjones/>

[ancientgeology.html](#)

Christopher F.Larsen; *Uplift in SE Alaska : Forcings, responses and processes*; April 2001

<http://www.aeic.alaska.edu/input/chris/theispro.pdf>

Meigs, J.Sauber; *Southern Alaska as an example of long-term consequences of mountain building under the influences of glaciers*

[http://core2.gsfc.nasa.gov/icesat/papers/2000_qsr_MEIGS\(SAUBER\).pdf](http://core2.gsfc.nasa.gov/icesat/papers/2000_qsr_MEIGS(SAUBER).pdf)

T.F.Redfield and P.G.Fitzgerald; *The Denali fault system*; *Tectonics*, v.12, 5, 1195-1280, 1993

<http://www.geocities.com/Athens/2231/dfs.html>

La Cordillère des Andes, système montagneux complet!

Par Louis Grenier et Olivier Côté-Mantha

Introduction

La Cordillère des Andes (figure 1) est un immense système montagneux situé sur la bordure ouest du continent sud-américain. Longue de près de 8000 km, elle s'étend de la mer des Caraïbes à la Terre de Feu (figure 2). Sa formation résulte de la subduction de la plaque océanique Nazca sous la plaque continentale de l'Amérique du Sud au taux de 15 cm/an. Comprimée, la bordure ouest de la plaque sud-américaine se soulève et s'épaissit, ce qui conduit à l'édification d'une structure montagneuse actuellement large de 300 à 600 km et s'élevant à une altitude moyenne de 3500 m.



Figure 1 – Paysage typique de la Cordillère des Andes : calcaires, grès et shales plissés au sein des hauts-plateaux avec cordillère occidentale en arrière-plan. Tirée de Moores (1990).

Les Andes constituent un terrain de recherche idéal pour étudier la déformation de la lithosphère et les mouvements de matière associés à la formation d'une chaîne de montagnes au-dessus d'une zone de subduction. On y observe présentement une gamme complète de phénomènes géodynamiques et tectoniques, incluant un magmatisme constant, une déformation typique, une sismicité importante et la subsidence de bassins sédimentaires d'envergure. Elles présentent aussi beaucoup d'intérêt car elles forment la plus imposante de toutes les chaînes actuelles s'édifiant en contexte de subduction.

Un autre aspect intéressant des Andes est l'étude de la variabilité spatiale et temporelle des phénomènes géodynamiques et tectoniques énumérés précédemment. Cette variabilité découle du

contraste au niveau du pendage du plan de subduction de part et d'autre de la ride aiséismique de Nazca, laquelle entre en subduction au niveau de Nazca, au Pérou. Au nord de cette zone, la plaque de Nazca s'enfonce sous l'Amérique du Sud suivant un angle de 10 à 15° : ce faible angle provoque un régime compressif. Dans cette partie de la chaîne, on retrouve d'ouest en est un prisme d'accrétion, un plateau continental immergé, la zone côtière, la Cordillère occidentale, la Cordillère orientale et la zone subandine (haut de la figure 3). Au sud de l'entrée en subduction de la ride de Nazca, le pendage du plan de subduction suit un angle plus fort (environ 30°). On remarque dans cette région, en plus des ensembles structuraux présents au nord, un vaste plateau d'altitude moyenne proche de 4000 m, nommé Altiplano, qui s'intercale entre les cordillères occidentale et orientale (bas de la figure 3).

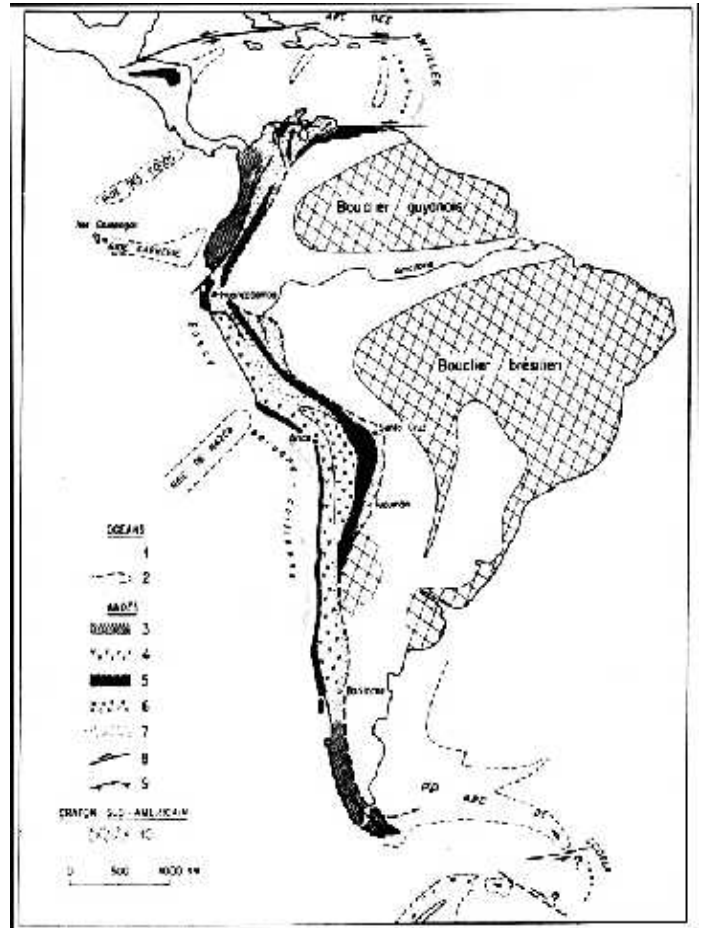


Figure 2 – Esquisse structurale des Andes. Océans : 1) Fosses océaniques; 2) Limites des rides océaniques et du plateau continental. ANDES : 3) Magmatisme tholéiitique; 4) Magmatisme calco-alcalin; 5) Substratum précambrien; 6) Bassins tertiaires intramontagneux subsidents; 7) Autres secteurs de la chaîne; 8) Décrochements; 9) Chevauchements. CRATON SUD-AMÉRICAIN : 10) Boucliers précambriens avec couverture sédimentaire (en blanc). Tirée de Dalmayrac et al. (1980).

Les structures qui y sont observées témoignent d'un régime essentiellement distensif, en accord avec le pendage du plan de subduction. Examinons chacun de ces éléments morphostructuraux séparément de manière à mieux comprendre les processus

d'édification de la chaîne.

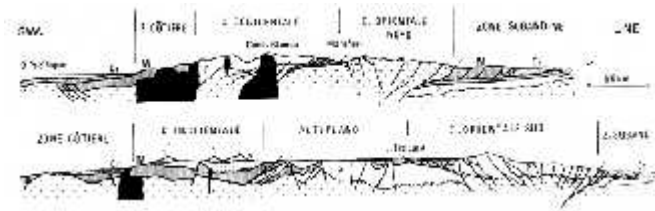


Figure 3 – Coupes dans les Andes au nord (en haut) et au sud (en bas) de l'entrée en subduction de la ride de Nazca. v = volcanisme plio-quadernaire, Cr = Crétacé supérieur, M = Mésozoïque, P = Paléozoïque. Batholites granodioritiques (100 à 32 Ma) en noir. Tirée de Debelmas et Mascle (2000).

Ensembles morphostructuraux

Le prisme d'accrétion est constitué d'une série de lames de sédiments océaniques empilées et recouvertes de coulées turbiditiques. Il résulte du découplage d'écaillés sédimentaires lors de leur enfoncement sous des matériaux antérieurs au sein de la zone de subduction. Seule la structure du prisme d'accrétion est connue puisqu'il n'a été étudié que par le biais de profils sismiques.

Le plateau continental immergé est enfoui sous moins de 1 km d'eau et présente une épaisse séquence sédimentaire de plate-forme terrigène mise en place sur une croûte continentale précambrienne. Sa structure révèle de nombreux blocs juxtaposés. Au vu des connaissances actuelles, il est toutefois difficile de dire si ces blocs sont chevauchants ou basculés.

La Zone côtière représente la bande étroite de terrain (moins de 150 km de largeur) limitée à l'ouest par l'Océan Pacifique et à l'est par les grands batholites de la Cordillère occidentale. Elle est constituée d'une mince série volcanique synsédimentaire mésozoïque établie sur un substratum précambrien affleurant localement. Ce volcanisme est encore relativement mal connu : il semble être composé d'andésites, de basaltes et de dacites intercalés avec des sédiments marins. Il correspondrait à l'activité d'un arc magmatique ayant opéré du Trias à la fin du Jurassique en produisant des séries volcaniques et plutoniques tholéitiques à calco-alkalines. Structuralement, la zone côtière est bien individualisée par rapport aux autres domaines des Andes. Elle n'est affectée que d'une tectonique cassante d'âge Crétacé supérieur ayant eu pour conséquence la formation de quelques failles subverticales.

La Cordillère occidentale montre peu de variations selon son axe long mais certains changements transversalement, surtout au niveau de l'arrangement structural. La partie ouest, adjacente à la zone côtière, est formée d'un arc volcanique comprenant une série volcano-détritique associée au volcanisme calco-alkalin, très abondant au sud de l'entrée en subduction de la ride de Nazca. Ce volcanisme est causé par la fusion partielle du manteau et de la croûte inférieure lors du plongement et de la déshydratation de la lithosphère océanique dans la zone de subduction. Ceci provoque une zonation du magmatisme particulière aux marges actives, avec des termes évoluant de tholéitique vers calco-alkalin, alcalin puis shoshonitique avec la profondeur croissante de fusion partielle. Dans la Cordillère occidentale, cette suite s'exprime par des basaltes, des andésites, des dacites, des latites et des laparites ou leurs

équivalents intrusifs. L'ensemble est plissé par une séquence de synclinaux et anticlinaux à grande amplitude et d'orientation NO-SE, accompagnés d'une schistosité subverticale. Localement, des structures anciennes E-O sont réactivées et recourent les ensembles pour créer des déflexions dans la chaîne. Ce sont les phases de déformation d'âge Éocène supérieur, Miocène et Pliocène inférieur qui ont principalement marqué la structure de la partie ouest de la Cordillère occidentale.

Au sein de la même cordillère mais plus à l'est, le style tectonique se complique. Cette portion est constituée d'une bande de roches sédimentaires clastiques à carbonatées méso-tertiaires formant un ensemble de plis et d'écaillés limités par des failles. Ce groupe est recoupé par un essaim de batholites granodioritiques affleurant en raison de la récente tectonique en surrection, qui érige le plus haut sommet de la Cordillera Blanca, le Huascarán, à 6770 m d'altitude.

La présence de l'Altiplano, intercalé entre la Cordillères occidentale et la Cordillère orientale au sud de la région de Nazca, est sans doute l'élément discriminant majeur entre les Andes septentrionales et australes limitées par l'entrée en subduction de la ride de Nazca. L'Altiplano s'observe sous forme de plateaux dont l'altitude moyenne est de 4000 m. Il est composé d'une épaisse séquence de matériaux détritiques lacustres à continentaux tertiaires découlant de l'érosion des chaînes adjacentes. Le substratum supportant cette séquence montre des plissements et des écaillés complexes recoupés par l'ouverture d'un bassin à structures en horsts et grabens. De nombreuses discordances montrent que la période d'extension a été séquentiellement interrompue par de brèves périodes de compression. L'Altiplano n'est pas le siège d'un magmatisme important bien que quelques petits plutons de composition calco-alkaline aient été répertoriés.

La Cordillère orientale montre un contact progressif et une limite difficilement identifiable avec la Cordillère occidentale en raison de l'absence de l'Altiplano dans sa partie nord. Elle est composée de pélites pré-ordoviciennes localement assez minces pour laisser apparaître le socle précambrien à hercynien. Ce dernier montre une structure en éventail dont les failles sont encore aujourd'hui fortement actives. La région au sud de Nazca est pour sa part composée d'un assemblage de shale noir et de quartzite paléozoïques montrant une structure à double déversement. Tout au long de la Cordillère orientale, le volcanisme andin est pratiquement inexistant et le plutonisme n'est représenté que par de petits stocks granodioritiques à dioritiques.

La Zone subandine correspond au piémont amazonien des Andes et s'étend de la limite est de la Cordillère orientale à la limite ouest de la plate-forme stable du Bouclier brésilien. Cette zone montre une série sédimentaire intracontinentale épaisse (5000 à 10000 m de sédiments) résultant d'une subsidence importante pendant le Mésozoïque. Le magmatisme andin observé dans les autres domaines est rigoureusement absent de la zone subandine, mis à part la présence d'un petit volume de phonolites hyperalkalines pliocènes. Des profils géophysiques démontrent que cette zone subit un décollement, suivant un plan horizontal situé vers 9 km de profondeur, qui lui permet de chevaucher vers l'est le Bouclier brésilien. Plusieurs plis et failles tardi-tectoniques affectent la zone subandine : ces structures montrent une direction globalement

NW-SE et une vergence E. Les failles se greffent en profondeur au plan de décollement évoqué précédemment, qui semble avoir été actif depuis la limite Miocène-Pliocène.

Évolution orogénique (figure 4)

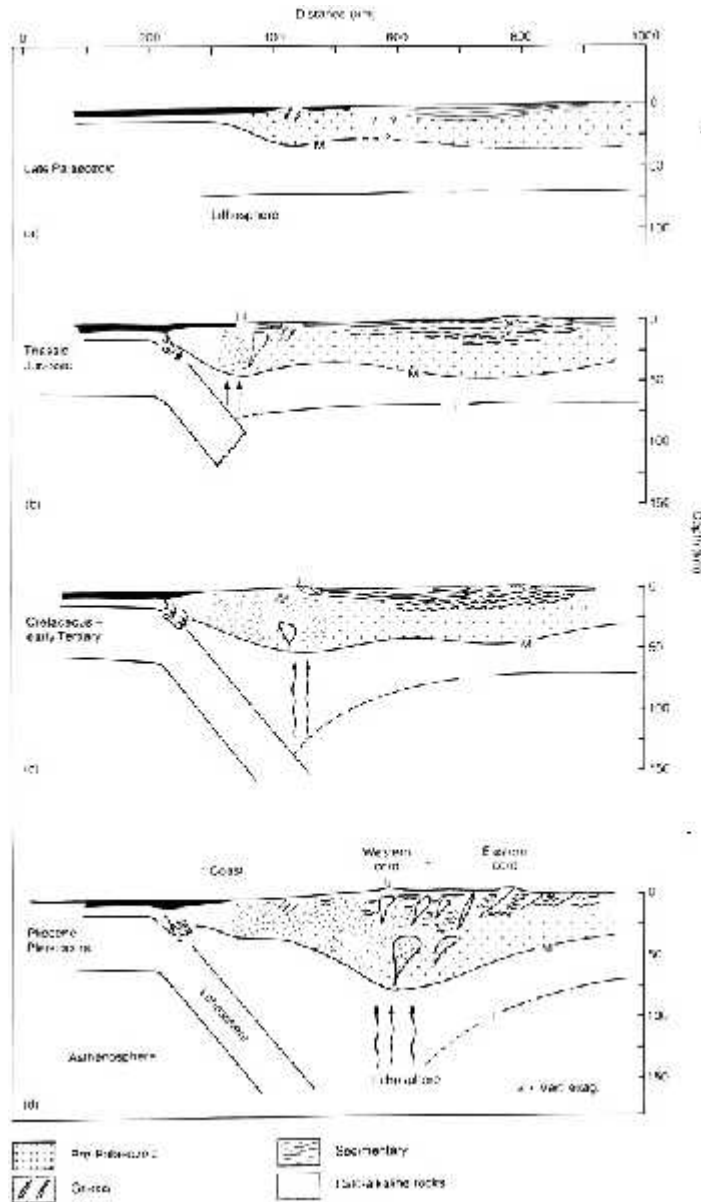


Figure 4 – Séquence schématique d'évolution des Andes. M = Moho, I = isotherme présumé où débute la fusion partielle. Tirée de Kearey et Vine (1990).

La formation des Andes débute à la fin du Paléozoïque avec une phase de plissement qui affecte le substratum Précambrien sud-américain. La sédimentation en marge du continent s'intensifie. De la fin du Permien au Crétacé inférieur, le paysage géologique montre les premiers processus de la mise en place de la Cordillère des Andes et traduit un contexte essentiellement en extension. En bordure de l'océan, un arc magmatique fait son apparition sur le

plateau continental ainsi que sur une zone en subsidence, légèrement à l'intérieur des terres. Ainsi naissent la future zone côtière et la future cordillère occidentale. En parallèle, la lithosphère océanique plongeante entraîne des sédiments pélagiques qui s'écaillent, se découplent et s'empilent au pied du plateau continental pour former le prisme d'accrétion.

Les phénomènes se compliquent à partir du Crétacé supérieur. Une alternance de régimes en compression et en distension est à l'origine de la mise en place des écailles et des structures en horst et graben de l'Altiplano. On attribue ces variations de régime à celles du pendage du plan de subduction. La phase de déformation incaïque, d'âge Éocène inférieur à moyen, est responsable du plissement des ensembles volcano-sédimentaires de la Cordillère occidentale tandis que la phase Quechua, d'âge Miocène à Pliocène, affecte tout l'axe andin et est responsable des chevauchements à vergence E dans la Zone subandine. C'est au cours de cette grande période orogénique s'étendant du Crétacé supérieur au Tertiaire que s'effectue la mise en place des batholites granitiques et que se manifeste le volcanisme calco-alcalin andin. Bien qu'intermittent, l'arc magmatique est toujours actif et se déplace vers l'est.

Conclusion

L'édification, le soulèvement et le plissement des ensembles géologiques qui constituent les Andes commencèrent donc vers la fin du Paléozoïque quand la plaque de Nazca entreprit sa descente par subduction sous la plaque sud-américaine. Ces phénomènes ont façonné de manière particulière chacun des ensembles morphostructuraux des Andes pour faire de cette chaîne l'une des plus impressionnantes actuellement connue. Encore aujourd'hui, l'activité géodynamique se poursuit, comme en témoignent les nombreux volcans actifs (Cotopaxi, Chimborazo, Nevado del Tolima, Lulllaillaco), la sismicité et l'érosion importante qui affectent cette région du globe.

Bref, la Cordillère des Andes constitue un excellent exemple d'une chaîne orogénique ayant attiré l'attention de nombreux géologues. En fait, tous s'entendent pour dire qu'une meilleure compréhension de son orogénèse contribuera à une avancée remarquable dans la compréhension des processus sédimentaires, tectoniques et magmatiques impliqués en régime de subduction.

Bibliographie

Debelmas, J. et Mascle, G., 2000. *Les grandes structures Géologiques*. 4^e édition, Dunod, Paris, 312 pages.

Moore, E.M., 1990. *Shaping the earth : Tectonics of continents and oceans*. W. H. Freeman and Company, New York, 206 pages.

Pitcher, W.S. et al., 1985. *Magmatism at a plate edge : The Peruvian Andes*. Halsted Press, New York, 328 pages.

Dalmayrac, B. et al., 1980. *Géologie des Andes péruviennes*. O.R.S.T.O.M., Paris, 501 pages.

Kearey, P. – Vine, F.J., 1990. *Global Tectonics*. Blackwell scientific publications, Oxford, 302 pages.

**2^e SYMPOSIUM INTERNATIONAL SUR LES SÉDIMENTS
CONTAMINÉS : 200 SCIENTIFIQUES DE 26 PAYS
DÉBARQUENT À QUÉBEC**

La ville de Québec sera l'hôte du 26 au 28 mai du deuxième Symposium international sur les sédiments contaminés. Le symposium regroupera quelques 200 chercheurs ou scientifiques en provenance de 26 pays. Parrainé par des sociétés savantes internationales, dont l'American Society for Testing and Materials et les Sociétés canadiennes de Géotechnique et de Génie civil, le symposium est orchestré par des chercheurs de l'Université Laval auxquels se sont joints des scientifiques des gouvernements du Canada, du Québec et du secteur privé.

Par le biais de plus de 100 communications scientifiques, le symposium permettra de faire le point, à l'échelle mondiale, sur les derniers développements de la recherche en matière de gestion des sédiments contaminés en insistant sur les aspects d'ingénierie comme le transport des contaminants, l'érosion, la stabilité, le suivi et la modélisation.

Deux sessions spéciales sont au programme. La première session est organisée par Environnement Canada. Intitulée "Le fleuve Saint-Laurent : de la recherche à l'action", elle illustrera les efforts consentis au cours des deux dernières décennies par les partenaires du Plan d'action Saint-Laurent sur l'enjeu des sédiments. La deuxième session fera le bilan des cinq années du projet Saguenay post-déluge qui a débuté en 1998. Divers participants au projet viendront exposer les résultats de leur recherche qui dans l'ensemble indiquent que les conséquences du déluge de 1996 sur le fjord du Saguenay ont toutes été bénéfiques.

Plusieurs sommités mondiales participeront également au symposium et prononceront des conférences sur divers aspects de l'évolution des connaissances depuis le premier symposium qui s'est également déroulé à Montréal en 1994. Pour le public québécois, la conférence de M. Émilien Pelletier de l'Institut des sciences de la mer de Rimouski portant les impacts du déluge du Saguenay est particulièrement attendue.

On peut consulter le programme du symposium sur le site Internet suivant :

www.scs2003.ggl.ulaval.ca

**Diagenèse et potentiel en hydrocarbures des
successions paléozoïques de la région du Lac
Matapédia, Québec**

Par Stéphanie Roy

Jeudi 15 mai 2003, 11h00, salle 162

Depuis quelques années, plusieurs indices d'huile et de gaz naturel ont été découverts dans les successions siluro-dévonniennes de la région du Lac Matapédia au Québec. Jusqu'à tout récemment, le potentiel en hydrocarbures de ces strates était presque inconnu. Aucune étude sur les roches mères, la maturation thermique ou les biomarqueurs des huiles n'avait été entreprise dans ces successions.

Les argilites noires du Mélange du Ruisseau Isabelle au nord-est de la région (Ordovicien) et les calcaires argileux de la Formation de Forillon (Dévonien) sont les roches mères les plus probables pour les indices d'huile. Les teneurs en carbone organique total atteignent 2,7 et 1,7%, respectivement.

La plus grande partie des successions de la région (ordoviciennes à dévonniennes) sont supramatures (stades à condensats ou à gaz sec). Toutefois, localement, les roches siluro-dévonniennes sont encore dans la fenêtre à huile potentielle (matures), particulièrement dans la partie nord-est de la région étudiée.

Les huiles produites dans quelques puits sont presque totalement dépourvues de biomarqueurs du groupe des stéranes et ne permettent pas de faire de corrélations avec l'une ou l'autre des roches mères citées ci-haut. Par contre, leurs compositions isotopiques montrent une forte corrélation avec les huiles extraites d'échantillons de la Formation de Forillon.

Les huiles extraites des argilites du Mélange du Ruisseau Isabelle (supramatures) montrent des compositions en stéranes et isotopiques différentes des huiles ordoviciennes de l'ouest de Terre-Neuve.

Les successions de la région du Lac Matapédia montrent des roches mères ordoviciennes et dévonniennes qui sont assez riches en matière organique et suffisamment matures pour avoir généré des huiles. La maturation des argilites noires du Mélange du Ruisseau Isabelle peut être d'âge Ordovicien ou Dévonien. La maturation des successions dévonniennes est post-plissement (Dévonien à Carbonifère) et elle est en partie due à l'enfouissement par les Grès de Gaspé. Nos résultats montrent que les hydrocarbures ont migré du sud vers le nord. Cette migration des hydrocarbures est une conséquence de la différence d'enfouissement entre le sud (9 km) et le nord (4,5 km) de la région.

Jeux de géologie

Les jeux de Géologie ont eu lieu la fin de semaine du 14 au 16 mars 2003 sur le site du campus de l'Université Laval. Il s'agissait des premiers jeux de Géologie à vie où des étudiants et un professeur provenant de 3 universités québécoises, Laval, UQAM et Polytechnique, se sont affrontés à l'intérieur de plusieurs activités sportives, intellectuelles et oratoire. Au total, ces jeux ont mobilisé aux environs de 80 personnes (participants et bénévoles).

Chaque équipe, 4 au total, était constituée de 16 participants provenant des 3 universités présentes. Les activités se sont déroulées dans la joie et la fraternité et ont aussi servi de tremplin à la rencontre des étudiants des autres confréries et ce dans le but de tisser des liens. Ce qui était le but premier de ces jeux.

Deux universités ont manqué à l'appel, soit UQAC et McGill. Mais tous souhaitent qu'ils puissent être présents pour les prochains jeux qui auront lieu à Montréal où l'Université du Québec à Montréal (UQAM) sera l'hôtesse pour les jeux de 2004.

Longue vie aux jeux de la Géologie!



Passez voir la vitrine, Pavillon Adrien Pouliot, 4^{ème} étage.

Fonds d'enseignement et de recherche

Nous annonçons que la Fondation de l'Université Laval a accepté en avril 2003, de créer un fonds d'enseignement et de recherche réservé au Département de géologie et de génie géologique. Ce fonds se veut un appui au développement du Département de géologie et de génie géologique dans ses démarches de recrutement et d'assistance à la recherche. Ce fonds dont les détails apparaîtront sur notre site web et qui est déjà en voie de croître, les premières contributions y ont été versées, sera officiellement lancé lors du GAC-MAC de Québec 2008 (attribution des premières bourses de recrutement aux trois cycles d'études et un appui à la recherche), lors de Retrouvailles que le département se propose d'organiser pour cette occasion.

C'est une excellente nouvelle pour les Sciences de la Terre dans la région de Québec et pour la province en général, nous avons toujours besoin de former des spécialistes en Sciences de la Terre. Nous planifions une première campagne de souscription visant les diplômés et toute autre source de contribution à l'automne 2003. La composition du comité permanent de souscription sera dévoilée très bientôt.

Il est important de noter que les souscriptions sont acceptées en tout temps!

Le fonds d'enseignement et de recherche porte le numéro 9046 qu'il faut inscrire en accompagnement à toute contribution.

Voir le site de la Fondation UL www.ulaval.ca/ful

En passant...

Nous tenons à féliciter Maud et Franck, qui ont eu le plaisir de voir naître aujourd'hui leur premier bébé. Maud Storme a donné naissance à un garçon de 3.86 kg mesurant 55 cm. Toutes nos félicitations, encore une fois.



Le journal d'information du département de Géologie
et de Génie géologique de l'Université Laval
Pavillon Pouliot, 4^{ème} étage
Université Laval, Québec
G1K 7P4

<http://www.ggl.ulaval.ca>
journal@ggl.ulaval.ca

Rédacteur en chef : Réjean Hébert

Éditeur-journaliste : Carl Guilmette

Logo : Réjean Hébert (idée), Félix-Antoine Comeau (conception)

Spécialiste informatique : Pierre Therrien

Corrections éditoriales : Agathe Morin

Le Géoscope est publié mensuellement lors des sessions automnale et hivernale et financé par le Département de Géologie et Génie géologique de l'Université Laval.

Date de tombée pour le prochain numéro : 26 Septembre 2003.

Envoyez vos articles en remorque à l'adresse ci-contre, de préférence dans un fichier de traitement de texte Word. Les textes ne devraient pas dépasser 500 mots. Les images seront reçues de préférence en format .jpg selon une résolution de 300 dpi.