



La Tectonique des Appalaches du Québec

Jacques Béland
 Département de Géologie
 Université de Montréal
 C.P. 6128
 Montréal, P. Qué. H3C 3J7

Summary

From the papers presented at the Symposium it appears that the geology of the Quebec Appalachians has been subjected to considerable changes these last few years. Logan's line or fault is now spread flat under a series of nappes and slices that constitutes a huge allochthon that extends from the US border to the tip of Gaspé Peninsula and was shoved over a platform that extended much farther south than had been previously assumed. The asbestos-rich serpentinite belt of the Eastern Townships has become an ophiolite complex several kilometres thick, complete with pelagic siliceous sediments. It has been emplaced by obduction. Bordering breccias are seen as trench mélanges related to plate consumption.

The Taconian orogeny, different in style and extension from the Acadian orogeny, is ascribed to a phase of contraction that climaxed in Middle Ordovician and ceased in Late Ordovician. The Acadian orogeny is an altogether different episode that is not easily tied up with the previous Ordovician diastrophism. It can hardly be fitted in the plate tectonics scheme.

Late rift valley tectonism is invoked to explain the Late Paleozoic – Early Mesozoic successor basin of mostly continental deposits that centres on the Gulf of St. Lawrence but that the

rifting extended later to the St. Lawrence valley, as has been inferred from the normal faulting recognized in the valley, is not readily accepted. It appears that this faulting is the origin of the Cambro-Ordovician exogeosyncline that received the allochthon but that it ceased with the Taconian contraction.

Introduction

Un symposium sur la Tectonique des Appalaches du Québec organisé par l'Association des Etudiants Gradués du Département de Géologie de l'Université de Montréal avait lieu le 7 mars 1974 à l'Université de Montréal.

Le symposium n'avait pas pour objectif de traiter tous les aspects de la tectonique des Appalaches québécoises mais de permettre de prendre connaissance des derniers travaux effectués et de la nouvelle orientation qu'avait prise la géologie appalachienne québécoise ces dernières années suite à la formulation de modèles inspirés de la théorie de la tectonique des plaques.

La première communication, celle de W. H. Poole (Commission Géologique du Canada, Ottawa) se voulait un cadre général pour les autres communications. Elle présentait entre autres les grandes lignes du modèle développé par Dewey (1969) et Bird et Dewey (1970) en y ajoutant ou en développant certains éléments plus particuliers au Québec. Il importe peut-être de signaler à ce sujet que le modèle de Bird et Dewey (1970) a été construit surtout à partir de données établies aux deux extrémités du segment appalachien québécois, i.e., en Nouvelle Angleterre et à Terre-Neuve. Le profil du segment intermédiaire regroupant le Québec, le Nouveau-Brunswick et la Nouvelle-Ecosse reste à établir. Le schéma présenté dans "Variations in tectonic styles in Canada" (The Appalachian Structural Province) par un groupe de géologues terre-neuviens (Williams *et al.*, 1972) tentait d'intégrer les Appalaches québécoises et néo-brunswickoises à celles de Terre-Neuve mais malheureusement les unités tectonostratigraphiques utilisées, sans

doute très appropriées à Terre-Neuve, ne s'adaptent que difficilement à la partie continentale. Il faut ici reconnaître que s'il existe des analogies remarquables entre certaines situations décrites à Terre-Neuve et sur le continent, il y a quand même de spécificités régionales qui ne s'étendent pas nécessairement à l'ensemble. A cet égard, certaines vues exprimées au Symposium de Montréal pourraient peut-être servir de point de départ à la construction d'un nouveau schéma d'ensemble plus souple moins régionaliste tout en rendant compte des particularités. Encore faut-il que ces particularités deviennent du domaine public et à cet égard les artisans de la géologie appalachienne québécoise ont été jusqu'ici plus que discrets.

Ce compte-rendu ne prétend aucunement suppléer à la publication des communications par les auteurs eux-mêmes mais se veut un condensé préliminaire visant en même temps à une sorte de synthèse des travaux présentés.

Mis à part le travail de W. H. Poole qui se voulait un cadre général, les communications suivaient un ordre chronologique stratigraphique que nous répèterons dans cette présentation. Nous traiterons donc d'abord des terrains cambro-ordoviciens, puis de ceux rattachés au Siluro-Dévonien et finalement de ceux d'âge permo-carbonifère.

Terrains cambro-ordoviciens

Quatre des sept communications traitaient uniquement ou principalement des terrains cambro-ordoviciens. C'étaient celles de F. R. Frey, C. Hubert, P. St-Julien et R. Laurent. Celles de F. R. Frey (Shell Canada Ltd., Calgary) et C. Hubert (Université de Montréal) portaient sur les terrains des Basses-Terres du Saint-Laurent et sur la partie frontale de la chaîne appalachienne québécoise; P. St-Julien (Université Laval) a traité de l'ensemble de terrains cambro-ordoviciens et a mentionné brièvement les terrains qui leur succèdent; R. Laurent (Université Laval) s'est arrêté aux complexes ophiolitiques que l'on croit appartenir à l'Ordovicien Inférieur.

appelleraient la zone de plate-forme laquelle dans les Appalaches québécoises semble se prolonger au sud-est bien en arrière du lieu où on situe généralement la ligne de Logan.

Signalons aussi qu'au sud-est de la zone de Logan, Bird et Dewey (1970) reconnaissent une autre zone nommée "zone de Piedmont" correspondant à la partie amincie du socle contiguë au domaine de la croûte océanique. Ce dernier domaine est identifié comme la zone B. Nous reviendrons à ces deux dernières zones par la suite.

La stratigraphie développée par F. R. Frey et C. Hubert pour les Basses-Terres du Saint-Laurent et le front des Appalaches québécoises rapprochée de celle proposée par Bird et Dewey (1970) pour la zone de Logan, est résumée au Tableau I.

Sur une plate-forme relativement stable s'accumule d'abord une séquence de grès quartzeux et de roches carbonatées; c'est la *phase palautochtone*. Survient par la suite, une phase de contraction reliée à un phénomène de subduction à la jonction continent-océan; l'aire continentale est déprimée assez rapidement pour entraîner l'accumulation sur la séquence de plate-forme d'une série flyschique; c'est la *phase autochtone*. La contraction s'accroît, des dépôts accumulés dans la "zone de Piedmont" sont soulevés, poussés vers l'avant-pays et viennent s'accumuler dans l'aire déprimée, d'abord en nappes par simple glissement actionné par la gravité, puis par chevauchement sous l'action de contraintes s'exerçant en profondeur; c'est la *phase allochtone*. La contraction cesse, le relief s'amenuise et le milieu marin flyschique évolue graduellement en

un milieu continental où s'épandent des formations deltaïques qui par certains côtés font penser aux molasses post-orogéniques; c'est la *phase néautochtone*.

Dans la région de la ville de Québec, selon des précisions apportées par P. St-Julien, les flyschs autochtones les plus tardifs appartiennent au Groupe d'Utica-Lorraine de l'Ordovicien Moyen supérieur.

Il apparaît aussi comme l'a fait remarquer W. H. Poole que l'arrivée de l'allochtone québécois à l'Ordovicien Moyen supérieur est postérieur à celui de l'allochtone terreneuvien qui aurait été mis en place à l'Ordovicien Inférieur ou tout au plus à l'Ordovicien Moyen inférieur.

L'allochtone québécois comme celui de Terre-Neuve montre une succession constituée dans sa partie inférieure de nappes de gravité et dans sa partie supérieure d'écaillles de chevauchement. Les nappes de gravité étaient de toute évidence constituées de sédiments fort peu consolidés au moment de leur transport alors que les écaillles faites de roches plus anciennes étaient davantage consolidées et mêmes pour certaines écaillles métamorphisées. Autre distinction, les nappes de gravité reposent sur des coussins bréchiqes de type wildflysch en grande partie formés de fragments détachés des nappes par un processus d'érosion alors que les écaillles de roches dures reposent sur des brèches de type tectonique traversées par des cisaillements qui souvent enrobent des copeaux entraînés de niveaux inférieurs et même dans certain cas du socle cristallin. Il semble même que des écaillles complètes soient des tranches détachées du soubassement.

L'extension de l'allochtone québécois s'avère considérable. Il se poursuivrait de façon plus ou moins continue depuis pratiquement la frontière canado-américaine jusqu'à l'extrémité est de la Gaspésie. Les étendues de schistes cristallins le long de l'axe de Sutton (Cantons de l'Est et région au sud de la ville de Québec) et les roches métamorphiques des monts Shickshocks en Gaspésie sont considérées comme des écaillles de chevauchement provenant de zones profondes originellement situées dans la "zone de Piedmont".

Autre fait à noter, la phase néautochtone la plus récente au Québec (extension du delta de Queenston) que l'on rattache à l'Ordovicien Supérieur est également plus tardive que son analogue terreneuvien qui date de l'Ordovicien Moyen supérieur (Formation de Long Point). Dans le secteur avoisinant la ville de Québec, les dépôts exogéosynclinaux les plus récents sont également Ordovicien Moyen.

Ligne de Logan. Il est apparu au cours de la reconstitution tectonique élaborée au cours du symposium que le rôle jusqu'ici attribué à la ligne ou faille de Logan comme limite frontale de la zone plissée appalachienne doit être sérieusement révisé. F. R. Frey, par exemple, considère que les mouvements de chevauchement ne s'arrêtent pas à la faille Logan mais passent en dessous et s'avancent dans les terrains moins plissés. Pour C. Hubert la faille Logan démarque la limite ouest et nord-ouest des nappes de gravité accumulées en bordure d'une zone interne soulevée lors de la contraction taconnienne. À cet égard, il extensionne la durée de l'orogénèse taconnienne depuis l'Ordovicien Moyen jusqu'à l'Ordovicien Supérieur.

Il ressort aussi que les formations de plate-forme dites typiques des Basses-Terres du Saint-Laurent se retrouvent jusque sous les formations cristallines rattachées antérieurement au domaine plissé appalachien. Suivant certains relevés sismiques confirmés en partie par des sondages, il apparaît que des écaillles de roches métamorphiques de plusieurs centaines de mètres d'épaisseur recouvrent de fortes épaisseurs de

Tableau I

Dépôts cambro-ordoviciens des Basses-Terres du Saint-Laurent et front des Appalaches

ORDOVICIEN SUP.	NEAUTOCHTONE	Flysch tardif et séquence régressive
ORDOVICIEN MOY.	AUTOCHTONE	Nappes de gravité et écaillles de chevauchement transportées sur la plate-forme.
ORDOVICIEN INF.	ALLOCHTONE	Flyschs précoces
CAMBRIEN	PALAUTOCHTONE	Séquence d'orthoquartzite et formations carbonatées.
PRECAMBRIEN	SOCLE	Gneiss grenvillien

roches non métamorphiques semblables à celles des Basses-Terres.

Comme l'a fait observer F. R. Frey, qui a fait état de cette situation, l'allure des formations que l'on observe en surface ne reflète pas celle des formations sous-jacentes. Sous des terrains flyschiques très plissés et sensiblement métamorphisés reposent des strates d'un tout autre milieu (plate-forme) peu déformées et sans aucun métamorphisme. Ceci est évidemment riche d'implications dans la recherche de gisements pétroliers.

Et cette situation pourrait croît-on s'étendre à tout l'allochtone québécois, i.e., jusqu'à l'extrémité est de la Gaspésie. A cet égard, il a été rappelé par W. B. Skidmore (Ministère des Richesses Naturelles, Québec) que d'aucuns interprétaient la bande cambrienne des Formations de Murphy Creek et Corner-of-the-Beach de l'est de la Gaspésie comme une fenêtre de plate-forme. L'une de ces formations (Corner-of-the-Beach) contient des bancs de calcaires oolitiques. L'extension de la plate-forme des Basses-Terres jusqu'en Gaspésie trouve par ailleurs justification dans les brèches calcaires (clastes Cambrien et Ordovicien Inférieur) que l'on retrouve intercalées dans les flyschs tout le long de l'allochtone depuis les Cantons de l'Est jusqu'en Gaspésie et dans ce dernier secteur jusqu'au sud du massif métamorphique des Shickshocks.

Les failles normales de la Vallée du Saint-Laurent. Les profils tectoniques que l'on a pu reconstituer dans les Basses-Terres et le front appalachien jettent un nouvel éclairage sur la nature et l'âge des failles normales qui longent la vallée du Saint-Laurent. Il apparaît que la dépression exogéosynclinale a été depuis le tout début, contrôlée par des failles normales dont les rejets de façon général vont en s'accroissant en direction sud-est.

Par la suite, au mouvement d'affaissement a succédé une phase de chevauchement comme le montrent des structures en marche d'escalier tronquées par des plans de chevauchement faiblement inclinés.

Il apparaît aussi que des phases de mouvements plus intensifs peuvent être reconnues lors de la période d'affaissement mais aucun mouvement important ne semble s'être produit après la dernière phase de remplissage de l'exogéosynclinal. Selon F. R. Frey, aucun mouvement significatif ne semble avoir accompagné la mise en place des collines montérégiennes d'âge crétacé même si la répartition linéaire des collines évoque un contrôle de faille.

Cette déduction est particulièrement intéressante en regard de la possibilité que la vallée du Saint-Laurent représente un rift valley relativement récent analogue au rift valley de l'Est de l'Afrique comme il avait été suggéré il y a quelques années (Kumarapeli et Saull, 1966). Selon F. R. Frey, les relevés sismiques effectués dans les Basses-Terres ne confirment aucunement cette théorie. Il faut dire ici, que la reconstitution du côté sud du fossé, et l'extension au golfe du Saint-Laurent appelaient beaucoup de réserve.

Zone de Piedmont. Aucun des exposés présentés au symposium n'a fait spécifiquement état de cette zone de Piedmont localisée dans le schéma de Bird et Dewey (1970) à la toute bordure continentale, i.e., dans la partie amincie du socle continental contiguë à la zone de formation des ophiolites mais elle était en quelque sorte implicitement admise comme source des écaillés de flysch recouvrant les nappes et les dépôts de plate-forme. A cette zone se rattacherait donc les schistes et assemblages schisto-gréseux intercalés de brèches calcaires et bancs orthoquartzitiques constituant le Supergroupe de Québec y compris les unités affectées de métamorphisme comme le Groupe d'Oak Hill (Cambrien) dans les Cantons de l'Est, les Schistes de Bennett et le Groupe de Rosaire au nord-est, près de la ville de Québec. En Gaspésie, la Formation de Cap-des-Rosiers (Deepkill) proviendrait également de cette zone mais l'assemblage métamorphique et essentiellement volcanogène assorti d'amas ultrabasiques qui constitue le

Groupes de Shickshocks proviendrait vraisemblablement d'une source plus lointaine, voisine du milieu océanique (zone B de Bird et Dewey, 1970).

Le télescopage que l'on observe dans les divers éléments qui constituent la zone de Piedmont ne permet évidemment qu'une reconstitution très spéculative. Il importe peut-être de signaler comme l'a fait W. H. Poole que malgré que ces terrains aient été déformés et dans certains cas métamorphisés de façon très marquée on n'y a reconnu jusqu'ici aucune zone de schistes à glaucophane telle qu'on en observe dans les zones de forte compression des orogènes plus récents. Ceci toutefois, pourrait s'expliquer par une transformation en un faciès différent lors d'un métamorphisme subséquent.

Les complexes ophiolitiques. Il est apparu au cours du symposium que les complexes de roches ultrabasiques et basiques et de laves basiques coussinées des Appalaches québécoises pouvaient s'assimiler aux complexes ophiolitiques. On les retrouve en petits amas à la limite sud-est de la province dans la région des Cantons de l'Est (secteur de lac Mégantic) et à la bordure sud de la Gaspésie (secteur de Chandler). D'autres amas de plus grandes étendues apparaissent aussi au nord-ouest (zone des serpentinites des Cantons de l'Est et bordure sud des monts Shickshocks en Gaspésie).

Plusieurs de ces amas sont associés à des brèches (brèche de Saint-Daniel dans les Cantons de l'Est et brèche de Saint-Adalbert au sud-est de la ville de Québec) que l'on a assimilées aux mélanges (dépôts chaotiques) des tranchées océaniques (bréchification des dépôts entraînés par le mouvement de subduction). Il a été suggéré que les amas les plus au sud-est représentent des vestiges de complexes ophiolitiques plus ou moins autochtones alors que ceux situés au nord-ouest auraient été entraînés sur le talus continental par le phénomène d'obduction. Par analogie avec le schéma développé pour Terre-Neuve (Williams *et al.*, 1972), le complexe ophiolitique du sud de la Gaspésie occuperait une position similaire à

mouvements du socle en une série de horst et grabens. Les derniers mouvements de cette tectonique de rift qui caractérise tout le Permo-Carbonifère sont à l'origine de la fosse de la baie de Fundy remplie de dépôts continentaux et de coulées volcaniques datant du Trias.

Conclusions

Basses Terres du Saint-Laurent et front appalachien. La région située de part et d'autre de la faille de Logan ou ce qu'on a appelé la "zone de Logan" représenterait le site d'un exogéosynclinal développé sur une plate-forme continentale où se seraient empilées nappes et écaillés de chevauchement. Le transport de ces éléments allochtones que l'on retrouve aussi à Terre-Neuve aurait été plus tardif au Québec.

Failles normales de la vallée du Saint-Laurent. L'exogéosynclinal se serait formé par le jeu de failles normales dont les mouvements auraient perduré pendant le Cambrien et l'Ordovicien. Aucun mouvement important ne serait postérieur à l'Ordovicien, ce qui irait contre l'hypothèse que la vallée du Saint-Laurent soit un rift valley datant du Mésozoïque ou du Tertiaire.

Dimension de l'allochtone québécois. L'allochtone québécois mis en place à l'Ordovicien Moyen s'étendrait pratiquement de la frontière canado-américaine à l'extrémité est de la Gaspésie pour englober presque tout le Supergroupe de Québec. En Gaspésie, l'allochtone disparaîtrait sous la couverture siluro-dévonienne.

Ophiolites. A sa bordure sud et sud-est l'allochtone québécois serait jalonné de vestiges provenant du démembrement par obduction d'un complexe ophiolitique formé dans un domaine océanique (croûte océanique) qui, au Paléozoïque inférieur, s'étendait au sud-est. Par certains vestiges on arriverait à reconstituer une séquence ophiolitique analogue aux séquences classiques: base péridotitique suivie de pyroxénite, gabbro, complexe de dykes, chapeau de laves basiques

coussinées associés à des dépôts pélagiques siliceux.

Tranchée océanique. Avoisinant les vestiges ophiolitiques, certaines brèches auraient les caractères des mélanges ou brèches chaotiques que l'on associe aux tranchées océaniques bordant les zones de subduction.

Orogénèse taconienne. La phase tardive de l'orogénèse taconienne (pré-silurienne) s'étendrait de l'Ordovicien Moyen à l'Ordovicien Supérieur et à cet égard les Appalaches québécoises diffèreraient sensiblement des Appalaches terreneuviennes où aucune discordance tectonique importante ne séparerait le Cambro-Ordovicien du Siluro-Dévonien.

Orogénèse acadienne. L'hypothèse d'une collision continentale pour expliquer le plissement acadien qui s'étend à une zone de plus de 600 km de largeur soulèverait quelques réticences. On préférerait lui substituer un mécanisme de vaste chevauchement qui s'étendrait même sous la zone affectée par l'orogénèse taconienne. Toutefois, cette dernière explication s'accorde mal avec la déformation observée dans une partie des terrains impliqués.

Tectonique de "Rift Valley". Les terrains permo-carbonifères qui recouvrent la dépression du golfe du Saint-Laurent et affleurent au pourtour et dans les îles révéleraient une tectonique de rift valley dont les derniers mouvements se seraient terminés avec l'accumulation des dépôts et laves triasiques de la baie de Fundy.

Références

- Bird, J. M. and J. F. Dewey, 1970, Lithosphere plate-continental margin tectonics and the evolution of the Appalachian orogen: *Geol. Soc. Am. Bull.*, v. 81, p. 1030-1060.
- Dewey, J. F., 1969, Evolution of the Appalachian (Caledonian) orogen: *Nature*, v. 22, p. 124-129.
- Kumarapeli, P. S. and V. A. Saull, 1966, The St. Lawrence Valley System a North American equivalent of the East African rift valley system: *Can. Jour. Earth Sci.*, v. 3, p. 639-658.
- Williams, H. *et al.*, 1972, The Appalachian Structural Province: in *Variations in Tectonic Styles in Canada*, *Geol. Assoc. Can. Spec. Paper 11*, p. 180-256.

MS received, June 19, 1974.