

UNIVERSITE DU QUEBEC A CHICOUTIMI

ETUDE STRATIGRAPHIQUE ET ANALYSE DE LA
DISPERSION DES ELEMENTS TRACES DANS LE
MEMBRE INFERIEUR DE LA FORMATION D'ALBANEL,
DU GROUPE DE MISTASSINI, REGION DU LAC
MISTASSINI, QUEBEC, CANADA

PAR FRIH KOUASSI

DEPARTEMENT DES SCIENCES APPLIQUEES

MEMOIRE PRESENTE EN VUE DE L'OBTENTION
DE LA MAÎTRISE ES SCIENCES APPLIQUEES, GEOLOGIE

JANVIER 1979



Mise en garde/Advice

Afin de rendre accessible au plus grand nombre le résultat des travaux de recherche menés par ses étudiants gradués et dans l'esprit des règles qui régissent le dépôt et la diffusion des mémoires et thèses produits dans cette Institution, **l'Université du Québec à Chicoutimi (UQAC)** est fière de rendre accessible une version complète et gratuite de cette œuvre.

Motivated by a desire to make the results of its graduate students' research accessible to all, and in accordance with the rules governing the acceptance and diffusion of dissertations and theses in this Institution, the **Université du Québec à Chicoutimi (UQAC)** is proud to make a complete version of this work available at no cost to the reader.

L'auteur conserve néanmoins la propriété du droit d'auteur qui protège ce mémoire ou cette thèse. Ni le mémoire ou la thèse ni des extraits substantiels de ceux-ci ne peuvent être imprimés ou autrement reproduits sans son autorisation.

The author retains ownership of the copyright of this dissertation or thesis. Neither the dissertation or thesis, nor substantial extracts from it, may be printed or otherwise reproduced without the author's permission.

TABLE DES MATIÈRES

	Pages
Sommaire.....	viii
INTRODUCTION	
Situation géographique.....	1
Travaux antérieurs.....	1
But du travail.....	2
GEOLOGIE GENERALE	
Province de Supérieur.....	5
Sous-province de Mistassini.....	8
Tectonique.....	10
STRATIGRAPHIE DU MEMBRE INFERIEUR DE LA FORMATION D'ALBANEL	
Généralités.....	11
Paléorégolite.....	14
Unité A.....	17
Unité B.....	19
Unité C.....	28
Unité D.....	31
Unité E.....	35
Unité F.....	35

Variations du membre inférieur de la Formation d'Albanel.....	35
Discussion.....	37

GEOCHIMIE

INTRODUCTION.....	41
Généralités.....	41
Mode d'échantillonnage.....	41
Présentation des résultats.....	42
INTERPRETATION GEOCHIMIQUE.....	48
Généralités.....	48
Eléments majeurs et matières organiques.....	51
Variations dans la stratigraphie.....	51
Comparaison avec les argilites de Papaskwasati.....	53
Corrélations.....	57
Matières organiques.....	57
ELEMENTS TRACES.....	60
Histogrammes.....	60
Facteurs d'enrichissement.....	64
Indices d'enrichissement.....	66
Corrélations impliquant les éléments traces.....	70
DISCUSSION.....	74
Source des métaux.....	74
Origine de la minéralisation.....	77

APPENDICES

1. Localisation des forages.....	80
2. Préparation des échantillons, conditions d'analyses et compositions chimiques.....	82
3. Analyses thermiques.....	94
REMERCIEMENTS.....	104
BIBLIOGRAPHIE.....	105

LISTE DES FIGURES ET TABLEAUX

FIGURES

- Fig. 1 Carte de localisation géographique.....
- Fig. 2 Séquences sédimentaires aphébiennes de la sous-
province de Mistassini.....
- Fig. 3 Géologie simplifiée du bassin de Mistassini.....
- Fig. 4 Section stratigraphique généralisée du membre
inférieur de la Formation d'Albanel.....
- Fig. 5 Carte de contours structuraux du socle sous la
Formation d'Albanel dans le secteur de la Baie du
Poste au S du bassin de Mistassini.....
- Fig. 6 Carte de contours isopaques du paléorégolite dans
le secteur de la Baie du Poste.....
- Fig. 7 Section stratigraphique détaillée de la Formation
d'Albanel.....
- Fig. 8 Carte de contours isolithes des lithologies
stromatolitiques de l'unité A dans le secteur de la
Baie du Poste.....
- Fig. 9 Carte de contours isolithes de la dolomie au-dessus
des stromatolites de l'unité A dans le secteur de
la Baie du Poste.
- Fig. 10 Carte de contours isolithes des shales de l'unité B
dans le secteur de la Baie du Poste.

Fig. 11	Carte de contours isopaques du shale S1 dans le secteur de la Baie du Poste.....
Fig. 12	Carte de contours isopaques de la dolomie D1 dans le secteur de la Baie du Poste.....
Fig. 13	Carte de contours isopaques du shale S2 dans le secteur de la Baie du Poste.....
Fig. 14	Carte de contours isopaques de la dolomie D2 dans le secteur de la Baie du Poste.....
Fig. 15	Carte de contours isopaques du shale S3 dans le secteur de la Baie du Poste.....
Fig. 16	Carte de contours isopaques de la dolomie D3 dans le secteur de la Baie du Poste.....
Fig. 17	Carte de contours isopaques du shale S4 dans le secteur de la Baie du Poste.....
Fig. 18	Carte de contours isopaques de la dolomie D4 dans le secteur de la Baie du Poste.....
Fig. 19	Carte de contours isopaques du shale S5 dans le secteur de la Baie du Poste.....
Fig. 20	Corrélations stratigraphiques des shales noirs de la Formation d'Albanel.....
Fig. 21	Variations du nombre d'unités de shales noirs à travers le Bassin de Mistassini.....
Fig. 22	Variations de la teneur en éléments traces dans l'unité B du membre inférieur de la Formation d'Albanel.....

Fig. 23	Diagramme de corrélation entre MgO et MnO.....
Fig. 24	Diagramme de corrélation entre MgO et TiO ₂
Fig. 25	Diagramme de corrélation entre K ₂ O et MnO.....
Fig. 26	Diagramme de corrélation entre K ₂ O et TiO ₂
Fig. 27	Histogrammes.....
Fig. 28	Diagrammes de corrélation entre Cu et Zn.....
Fig. 29	Diagramme de corrélation entre (Cu + En + Pb) et (Ni + Co + Cr).....
Fig. 30	Diagramme de corrélation entre Cu + Zn + Pb et C organique.....
Fig. 31	Diagramme de corrélation entre Zn et Pb.....

TABLEAUX

Tableau 1	Formations géologiques précambriennes de la région de Mistassini.....
Tableau 2	Moyenne des résultats
Tableau 3	Intervalles des moyennes et des 95 pourcents cummulatifs pour 20 dépôts de shales noirs.....
Tableau 4	Comparaison avec les argilites de Papaskwasati.....
Tableau 5	Coefficients de corrélations.....
Tableau 6	Facteurs d'enrichissements.....
Tableau 7	Indices d'enrichissement.....

Sommaire

Le membre inférieur de la Formation d'Albanel appartient au Groupe de Mistassini. Les assises de ce groupe sont sub-horizontales et reposent sur un socle archéen altéré (Paléoréolite). C'est une séquence de dolomies homogènes grises, de dolomies argileuses bien litées, de dolomies stromatolitiques, de brèches dolomitiques et de shales noirs. L'étude porte plus particulièrement sur l'unité B, une alternance de shales noirs et de dolomies finement litées. Le nombre de couches de shales noirs est soumis à des variations, toutefois l'unité B peut être qualifiée de "mégacyclothème", à cause de l'alternance des shales noirs et des dolomies. Ces variations lithologiques peuvent s'expliquer par le modèle de fluctuations eustatiques du niveau de l'eau de mer.

La composition chimique des shales noirs correspond à une argilite composée d'illite et de quartz. Leur teneur en métaux de base est relativement homogène. Comparativement aux autres dépôts de shales noirs, l'enrichissement en métaux des shales noirs de Mistassini peut être considéré comme normal. A ce titre, la source syngénétique pour l'enrichissement peut être retenue. Les minéralisations de Pb - Zn que l'on retrouve dans la partie supérieure du membre inférieur de la Formation d'Albanel sont postérieures à la compaction des sédiments et montrent une relation intime avec les failles. Une source épigénétique a été envisagée pour ces minéralisations.

INTRODUCTION

Situation Géographique

La Formation d'Albanel du Groupe de Mistassini appartient à la sous-province géologique de Mistassini de la province de Supérieur (Stockwell, 1964). Cette sous-province est située au S de la province de Supérieur du bouclier canadien, en bordure de la province de Grenville.

Géographiquement, le membre inférieur de la Formation d'Albanel se trouve dans le bassin encaissant le lac Mistassini et occupe les rives immédiates de celui-ci (Fig. 1). Le lac Mistassini lui-même s'étire en direction NE et SW sur les cartes 32.1 (Rivière Mistassini Nord) et 32.P (Lac Baudeau) respectivement, à l'échelle 1:250 000 du Système de référence Cartographique National.

Travaux Antérieurs

Les travaux de reconnaissance géologique des roches carbonatées de la région du lac Mistassini sont l'oeuvre des géologues de la commission géologique du Canada, dont Richardson (1882), Low (1886) et (1906), Barlow et al (1911). Au début des années 50, des géologues du ministère des mines du Québec jetèrent les bases de la stratigraphie du bassin de Mistassini. Ces travaux furent l'oeuvre de Neilson (1951, 1966), Neale (1952), Wahl (1953), Bergeron (1957) et Moyer (1960), Quirke (1958),

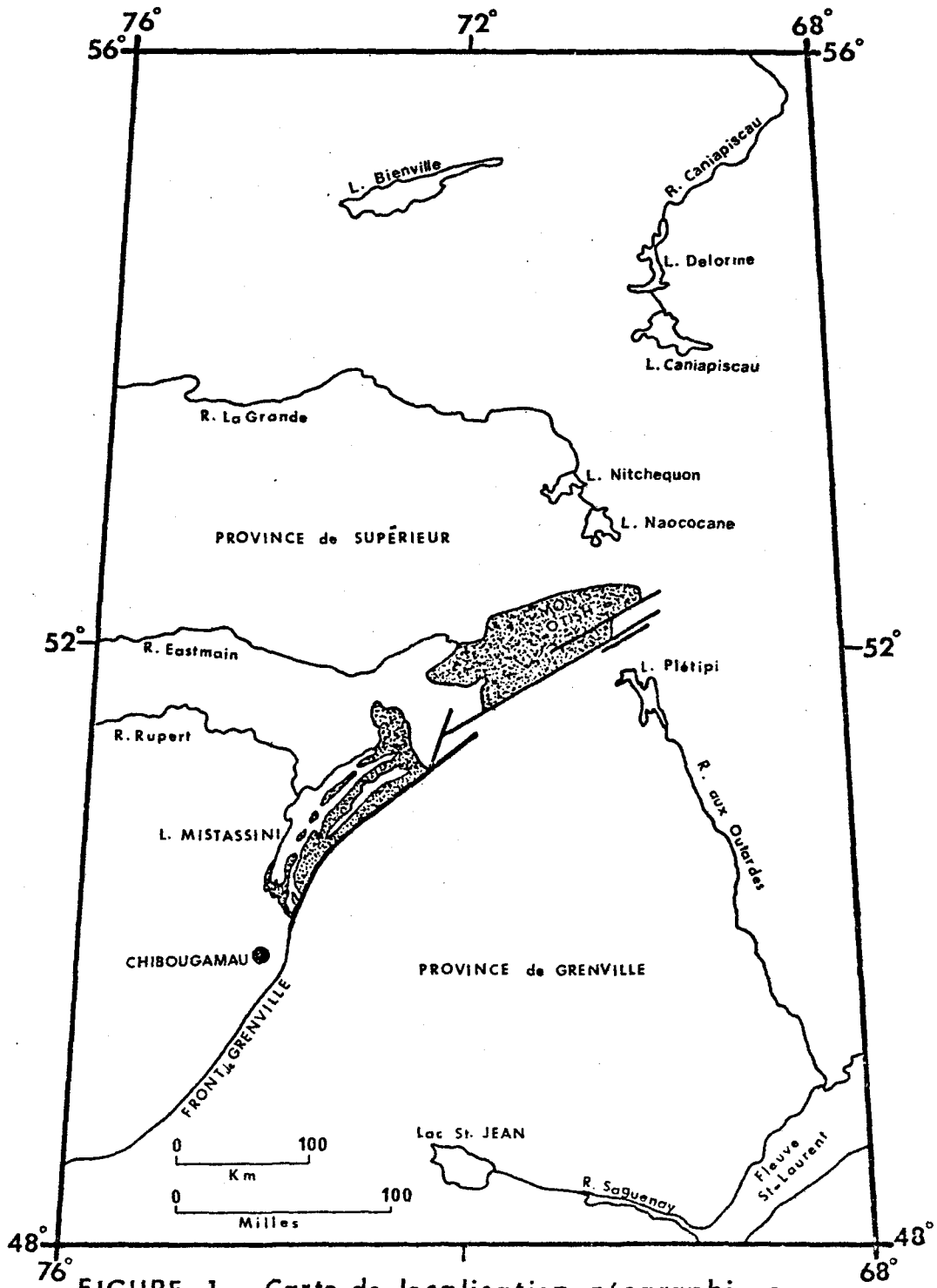


FIGURE 1. Carte de localisation géographique.



Sous-province de Mistassini.

étudie la minéralogie et définit la stratigraphie de la formation de fer de Témiscamie, à l'E du Lac Mistassini. Déland et Sater (1967) donnent une description détaillée des membres de la Formation d'Albanel. Chown (1971), établit les relations chronologiques des roches volcaniques et intrusives du Précambrien inférieur, ainsi que les dykes postérieurs au groupe de Mistassini. Caty et Chown (1973), Caty (1976), font une analyse plus détaillée du bassin et établissent les relations stratigraphiques entre les diverses formations des Groupes de Mistassini et d'Otish. Plus récemment, Hofmann (1978), classifie les stromatolites du groupe de Mistassini.

But du travail

Ce travail s'inscrit dans la suite des travaux des professeurs Caty et Chown sur la stratigraphie et la sédimentologie du Groupe de Mistassini, et dans le cadre des études entreprises par l'équipe de recherche en lithogéochimie des niveaux porteurs de l'Université du Québec à Chicoutimi.

Notre contribution se veut être une étude stratigraphique plus détaillée du membre inférieur de la Formation d'Albanel, et l'analyse de la dispersion des éléments traces dans les horizons de shales noirs de ce membre.

GEOLOGIE GENERALE

Les roches de trois unités physiographiques du bouclier canadien se retrouvent dans la région. Les séquences sédimentaires de la sous-province de Mistassini reposent en discordance sur les roches granitoïdes de la province de Supérieur. Du côté E, ces séquences sédimentaires sont séparées des gneiss de la province de Grenville par une zone de failles.

Province de Supérieur

Le style tectonique des roches archéennes de la province de Supérieur est généralement EW. Le groupe lithologique le plus abondant est formé de plusieurs variétés de gneiss à quartz, plagioclase, biotite et à feldspaths potassiques (Chown, 1971). Un complexe granitique forme le deuxième groupe lithologique d'importance (Déland et Sater, 1967, Chown, 1971). Ce complexe est un mélange de granite proprement dit et de migmatite. Des ceintures de roches métavolcaniques et métasédimentaires d'orientation EW jalonnent le terrain granitique (Chown, 1971). Elles forment de nombreuses petites enclaves à l'intérieur du complexe granitique. Les roches métavolcaniques comprennent des metabasaltes, des métagabbros et des roches volcaniques fragmentaires. Le tableau I montre les relations chronologiques entre les différentes unités de la province de Supérieur dans la région de Mistassini.

SECTEUR		CHIBOUGAMAU	LAC MISTASSINI	MONTS-OTISH
PROTEROZOÏQUE	HELINIEEN Province de Crenville	Intrusions acides granite, syénite et pegmatite Intrusions basiques anorthosite et gabbro Roches métavolcaniques amphibolite à grenat Roches gneissiques gneiss quartzo-feldspathique		
	APHEBIEN Sous-province de Mistassini	<u>Formation de Chibougamau</u> (Paraconglomérats, orthoconglomérats, grès et shales)	Dykes de gabbro <u>Formation de Témiscamie</u> (Roches ferrifères et argilites) <u>Formation d'Albanel, membre supérieur</u> (Dolomies massives, argileuses et stromatolitiques) <u>membre inférieur</u> (Dolomies litées, argileuses stromatolitiques, brèches, cherts et shales graphitiques) <u>Formation de Cheno</u> (Grès, conglomérats, dolomies) <u>Formation de Papaskwasati</u> (Grès, conglomérats et argilites) <u>Paléorégolite</u> (Gneiss et granites altérés)	Dykes et filons-couches de gabbro <u>Formation de Pérignonca</u> Grès rose, grès argileux, conglomérats pétromicts, dolomies stromatolitiques) <u>Formation d'Indicator</u> (Grès, conglomérats et argilites) <u>Paléorégolite</u> (Gneiss et granites altérés)
ARCHEEN	Province de Supérieur	Intrusions granitoides Intrusions basiques <u>Groupe de Roy</u> (Roches métavolcaniques et métasédimentaires) Complexe gneissique	Porphyre quartzo-feldspathique Complexe granitique <u>Groupes de Tichégami et de Toqueco</u> (Roches métavolcaniques et métasédimentaires) Complexe gneissique	Complexe granitique <u>Groupe de Tichégami</u> (Roches métavolcaniques et métasédimentaires) Complexe gneissique

FORMATIONS GEOLOGIQUES PRECAMBRIENNES DE LA REGION DE MISTASSINI

TABLEAU I

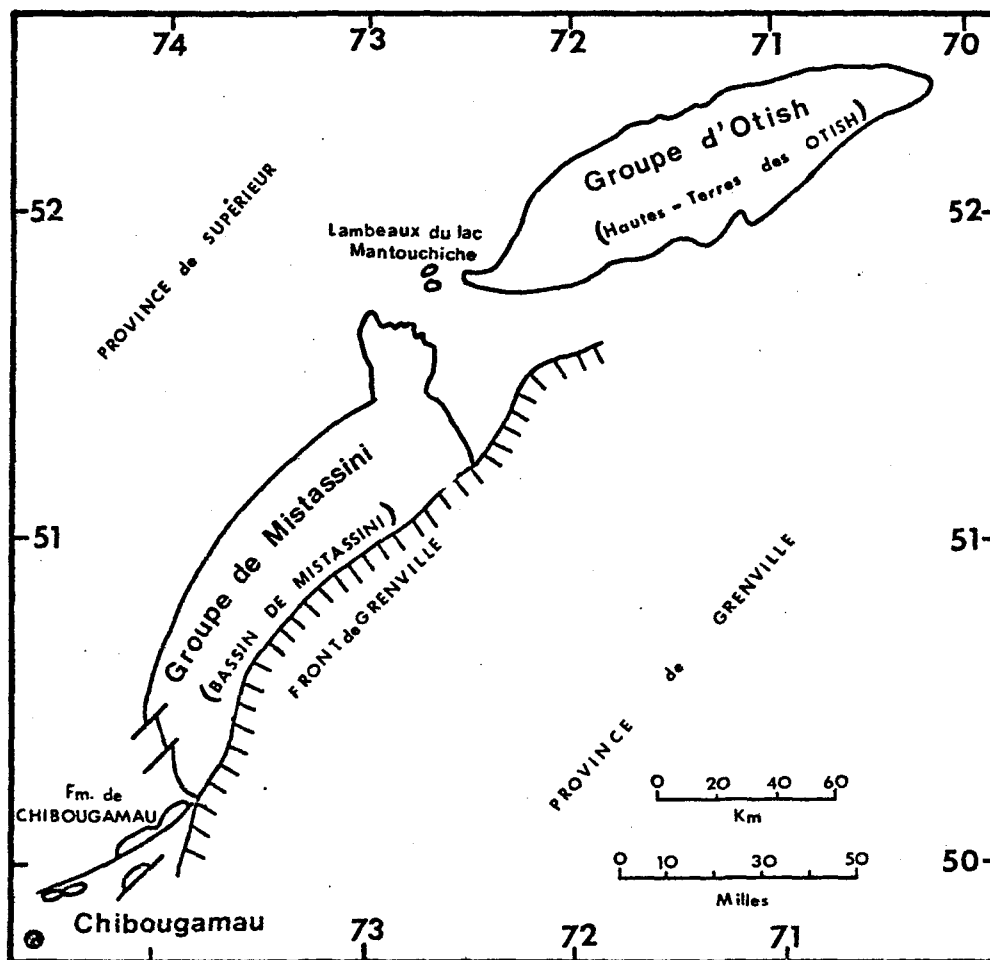


FIGURE 2. Séquences sédimentaires aphébiennes de la sous-province de Mistassini .

Sous-Province de Mistassini

La majorité des lithologies de cette sous-province sont représentées par des roches sédimentaires d'Age Aphébién (Tableau: I). Ces roches reposent en discordance sur le socle cristallin d'Age Archéen de la province de Supérieur. Deux grands bassins orientés NE - SW le long du front de Grenville et deux petits bassins au S du lac Mistassini abritent les séquences sédimentaires aphébiennes de la sous-province (Fig. 2). Le premier grand bassin dit d'Otish encaisse les roches sédimentaires terrigènes du Groupe d'Otish (Caty, 1976). Le deuxième grand bassin comprend les terrains sédimentaires, Groupe de Mistassini (Tableau: I), situés autour des lac Mistassini et Albanel (Fig. 3). La Formation de Papaskwasati, constituée de grès et de conglomérats de couleur gris à vert-pâle forme l'unité basale du Groupe de Mistassini dans l'échancrure de Papaskwasati sise au N du bassin. Cette dernière passe latéralement à la Formation de Cheno, un assemblage de grès, de conglomérats et de dolomies, tous de couleur noire. Selon Caty (1976), cette dernière est une unité de transition entre les roches terrigènes du Papaskwasati et les roches chimiques de la Formation d'Albanel. Le membre inférieur de la Formation d'Albanel est un assemblage de dolomies grises, de dolomies argileuses, de brèches intraformationnelles dolomitiques, de dolomies stromatolitiques, de shales noirs et de quelques lits de chert noir. Le membre supérieur est une séquence de dolomies arénacées de couleur rose à chamois ainsi que de dolomies stromatolitiques. La Formation de Témiscamie, l'unité somitale, est composée de roches ferrifères et de shales.

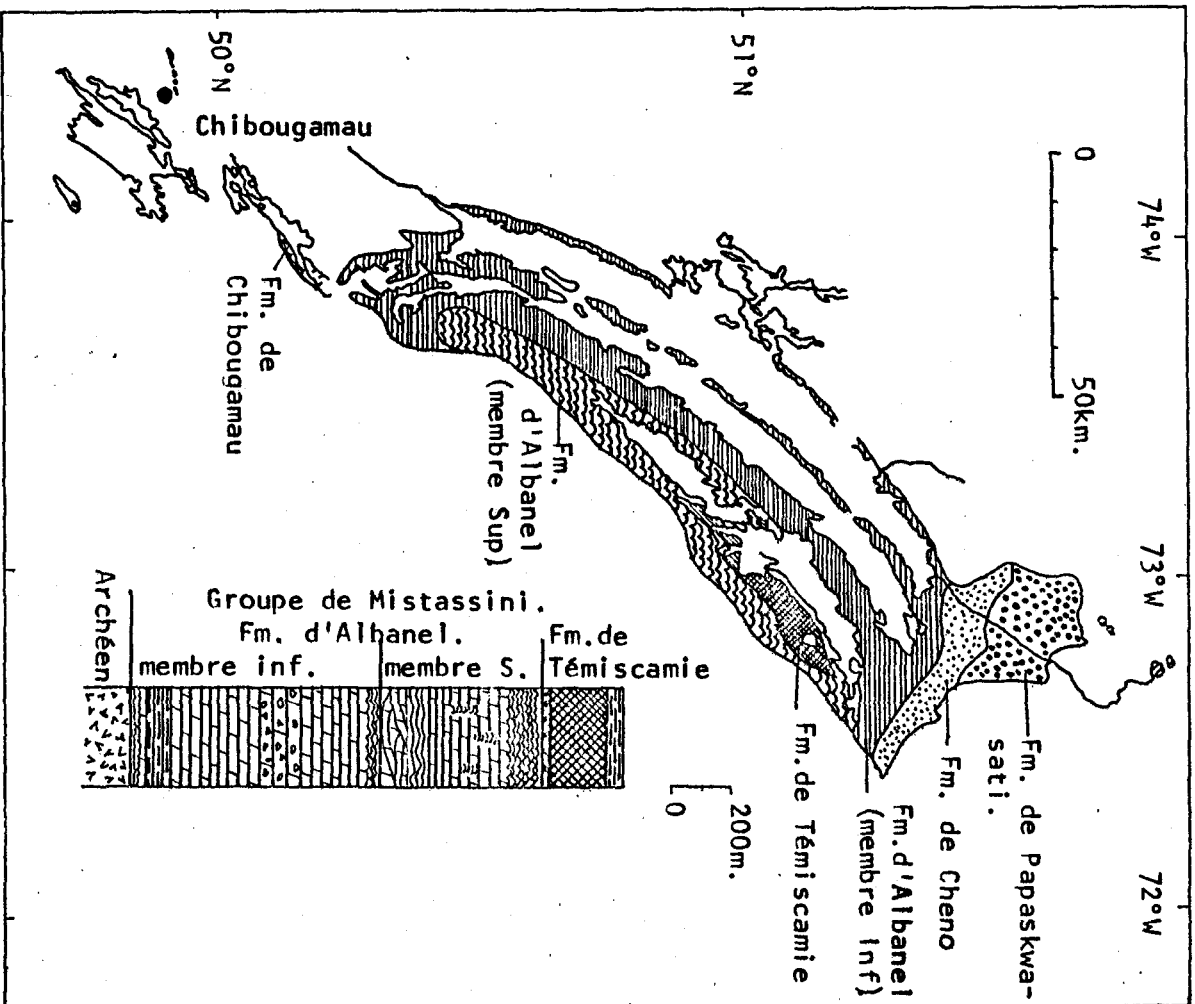


FIGURE 3. Géologie simplifiée du Bassin de Mistassini. (Hofmann, 1978).

Tectonique

En général, les assises du Groupe de Mistassini sont subhorizontales et reposent sur un socle archéen altéré ou paléoréogolite (Caty, 1976).

Toutefois les roches du Groupe de Mistassini sont recoupées par de nombreuses failles de direction $N45^{\circ}E$ et $N75^{\circ}E$. L'effet de ces failles se fait sentir plus particulièrement dans la chaîne d'îles centrale du lac. Les roches sont souvent fracturées et montrent un plissement local résultant du mouvement des failles. Près de la faille de Mistassini, à la limite E du bassin, les roches sédimentaires sont fortement cisailées et plissées. L'attitude des strates du Groupe de Mistassini devient presque verticale près de la faille. Par contre, la déformation s'atténue rapidement en s'éloignant de cette dernière.

STRATIGRAPHIE DU MEMBRE INFÉRIEUR
DE LA FORMATION D'ALBANEL

Généralités

Nous consacrerons ce chapitre à l'analyse de la stratigraphie du membre inférieur de la Formation d'Albanel. Il sera charpenté par la description la plus complète possible des diverses lithologies d'après les forages disponibles. Ainsi, la partie la plus importante de ce chapitre aura trait à la base du membre inférieur, soit aux unités A, B et C (Fig. 4). En raison de l'abondance des forages dans le secteur de la Baie du Poste, nous étudierons plus en détails la paléogéographie de ce milieu.

Le membre inférieur de la Formation d'Albanel comprend une séquence de dolomies homogènes grises, de dolomies argileuses bien litées, de dolomies stromatolitiques, de brèches de dolomies noires et de shales noirs. Les couleurs varient de gris-pâle à noire selon l'abondance des matières organiques. Ce membre repose en discordance sur le paléorégolite présent à la base du groupe.

Au S, le bassin de Mistassini a une légère pente (5°) vers l'E, tel qu'indiquée par la carte des contours structuraux (Fig. 5) de la Baie du Poste. L'attitude des strates sédimentaires épouse à toute fin pratique la configuration du bassin. La section stratigraphique composite complète

FIGURE 4.

Section stratigraphique généralisée du membre inférieur de la Formation d'Albanel.

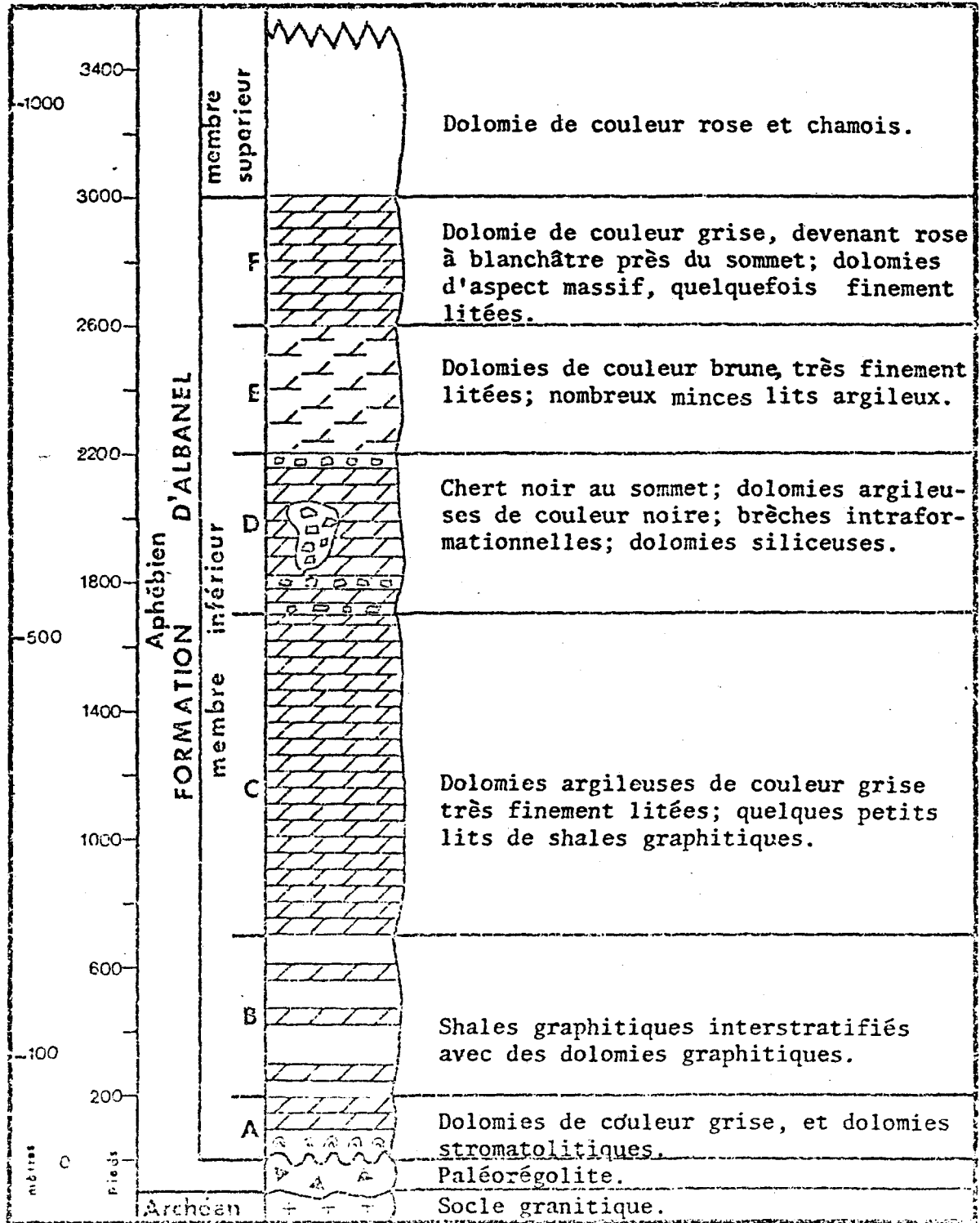
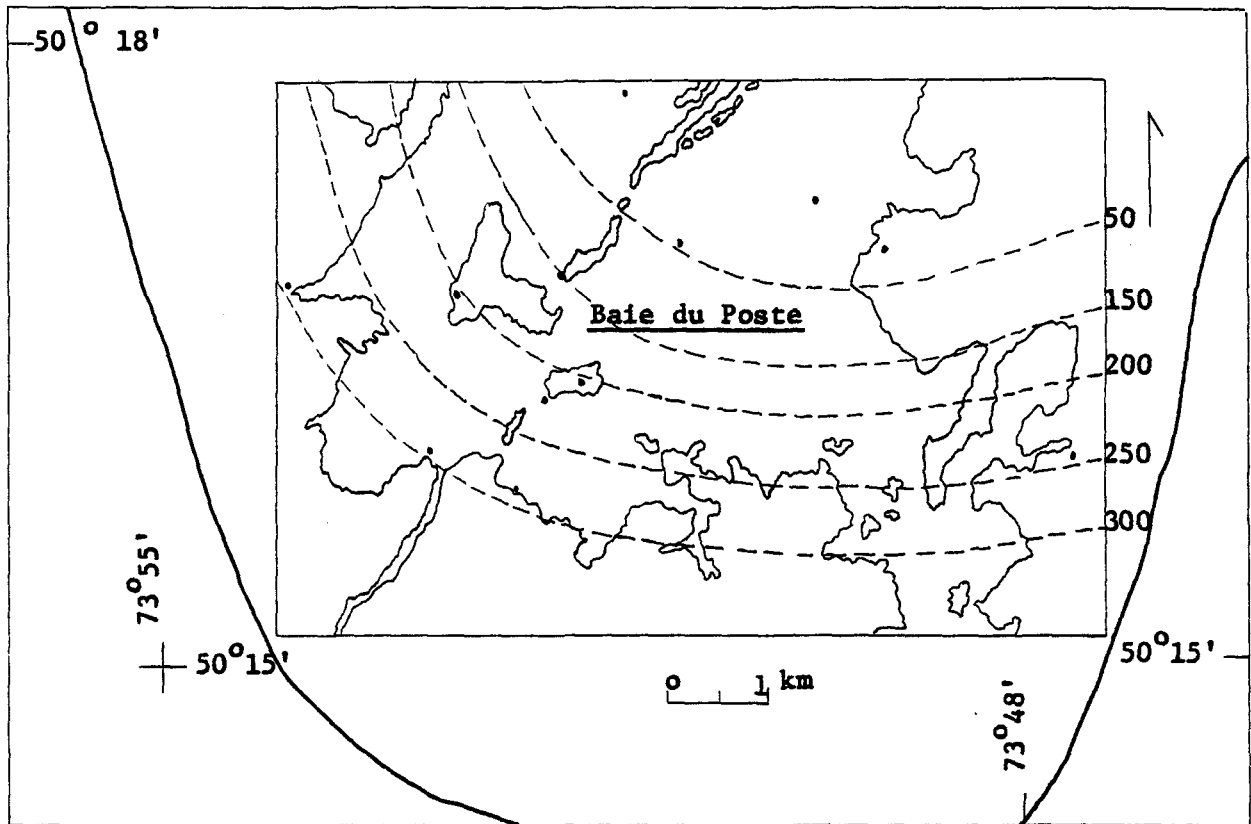


FIGURE 5. Carte de contours structuraux du socle sous la Formation d'Albanel dans le secteur de la Baie du Poste au Sud du Bassin de Mistassini.



- Limite actuelle du Bassin de Mistassini.
- - - Contour structural en m. au dessus du niveau de la mer.
- . Localisation des forages.

des unités A, B et C du membre inférieur de cette formation apparaît dans la figure 7.

Le paléorégolite

A première vue, le paléorégolite se présente comme un conglomérat de base, où des fragments de roches granitiques semblent être cimentés par une dolomie grise. Ces fragments sont anguleux à subanguleux et leurs grands axes varient de 2.5 à 60 cm. Le ciment, en majorité dolomitique, forme une pellicule autour des fragments. Il peut être par endroits formé d'un assemblage de quartz-carbonate ou encore de chlorite et de feldspaths blancs. Des veines de quartz-carbonate enchevêtrées parcourent l'ensemble du paléorégolite. Ces veines contiennent invariablement de la pyrite, des traces de sphalérite et d'hématite. Le ciment dolomitique peut contenir jusqu'à 5 pour cent de pyrite. D'après Caty (1976), les fragments de roches ignées résultent de l'intersection de réseaux de diaclases. La dolomie s'est infiltrée dans les joints et remplace aussi la roche préalablement altérée. L'épaisseur du paléorégolite, dans le secteur de la Baie du Poste, semble augmenter du SE au NW (Fig. 6) indiquant possiblement un plus grand développement du paléorégolite vers le centre du bassin. L'épaisseur moyenne de ce dernier est de 12 m.

Le passage du paléorégolite aux dolomies de la Formation d'Albanel est parfois difficile à établir, le tout étant fonction du degré d'altération du socle. Toutefois nous arrivons généralement à établir le contact à l'intérieur de quelques centimètres.

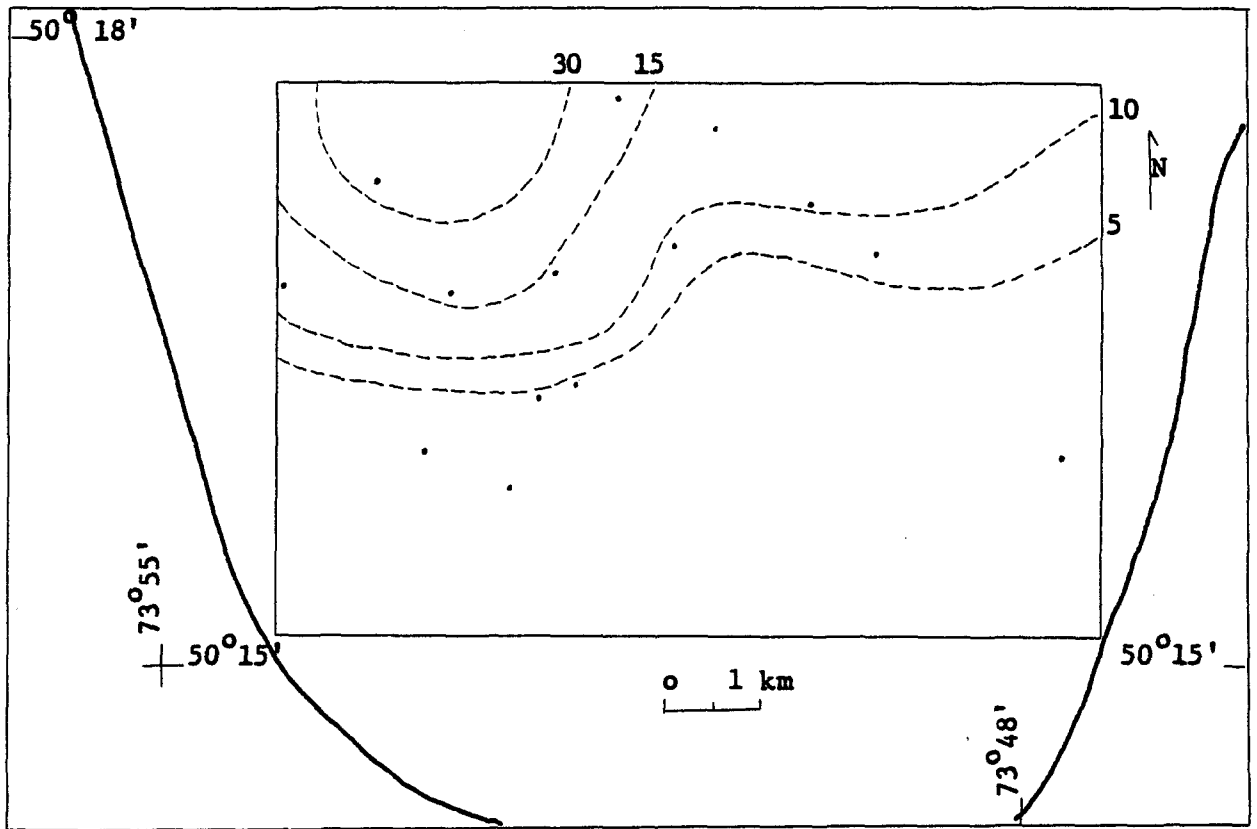
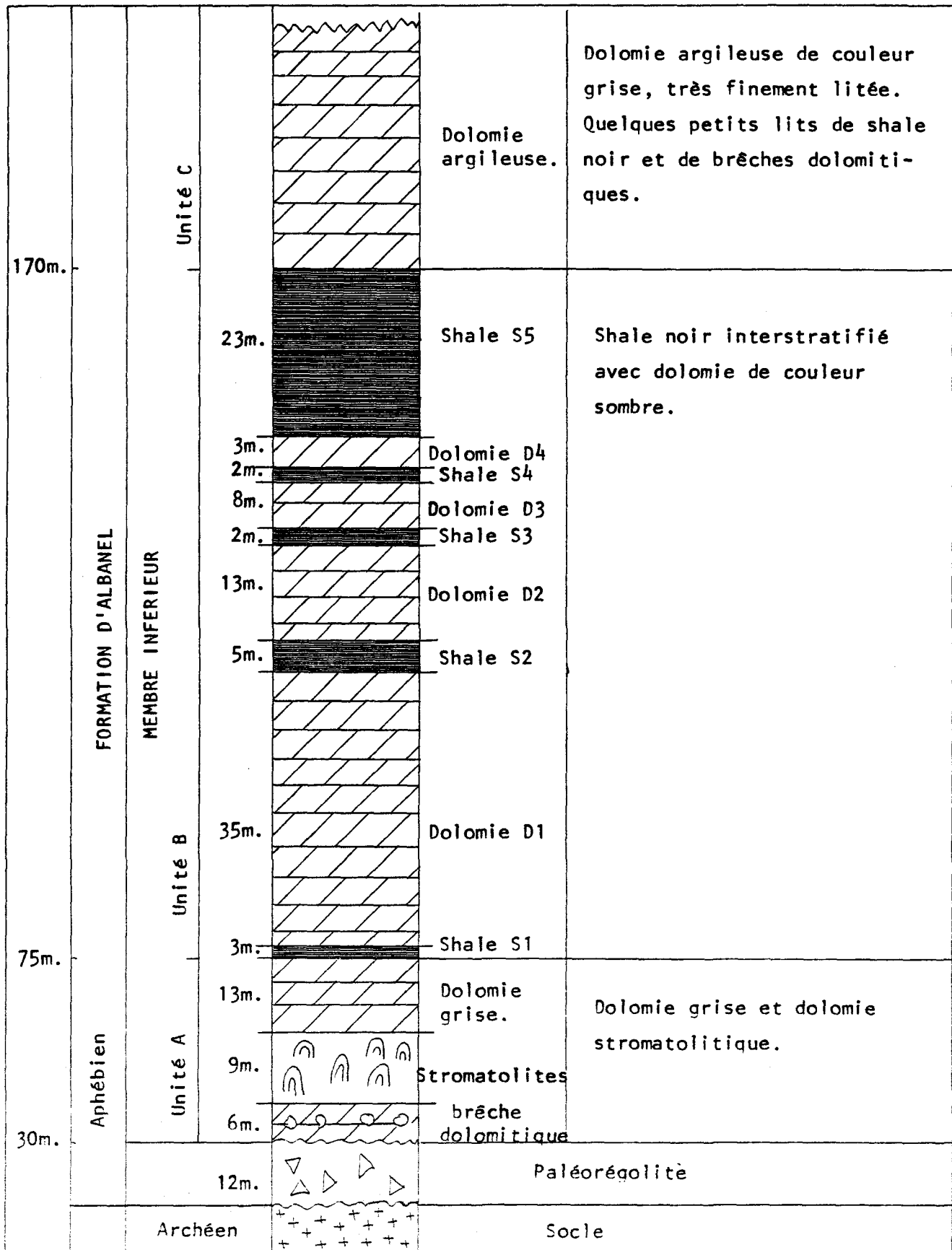


FIGURE 6. Carte de contours isopaques du paléorégolite dans le secteur de la Baie du Poste.

- Limite actuelle du Bassin de Mistassini.
- - - Contour isopaque du paléorégolite en m.
- Localisation des forages.

FIGURE 7. Section stratigraphique détaillée de la base du membre inférieur de la Formation d'Albanel.



Unité A

L'unité basale A repose en discordance sur le paléorégolite. Trois lithologies distinctes la composent, soit une brèche dolomitique, une dolomie stromatolitique et une dolomie d'aspect massif.

Localement, à la base de l'unité A, nous observons un niveau de brèches dolomitiques. Ces brèches sont cimentées par la dolomie arénacée. Le tout encaisse de nombreuses veinules de quartz-carbonate. Son épaisseur moyenne est de 6m.

La lithologie caractéristique de l'unité basale (A) est une dolomie stromatolitique. Les épaisseurs des lits de stromatolites varient de 1 à 20cm. Ils sont séparés par de minces lits (environ 2 mm) de dolomie argileuse. Les structures les plus fréquentes sont les tresses algaires, les stromatolites en colonne, les laminations algaires, les structures de "slumping" et les chenaux d'érosion. A la base, les formes des stromatolites se définissent de mieux en mieux. Les colonies de stromatolites sont de plus en plus nombreuses et les stromatolites en position de croissance alternent avec des dolomies pelliculaires. Un peu partout la pyrite, et plus rarement la sphalérite, se retrouvent disséminées. De fins cristaux de pyrite sont souvent associés au quartz. Des veinules de remplissage de sphalérite se rencontrent localement. La figure 8 montre les isolithes de ce faciès dans le secteur de la Baie du Poste. Cette distribution semble indiquer une transgression vers la périphérie actuelle du bassin.

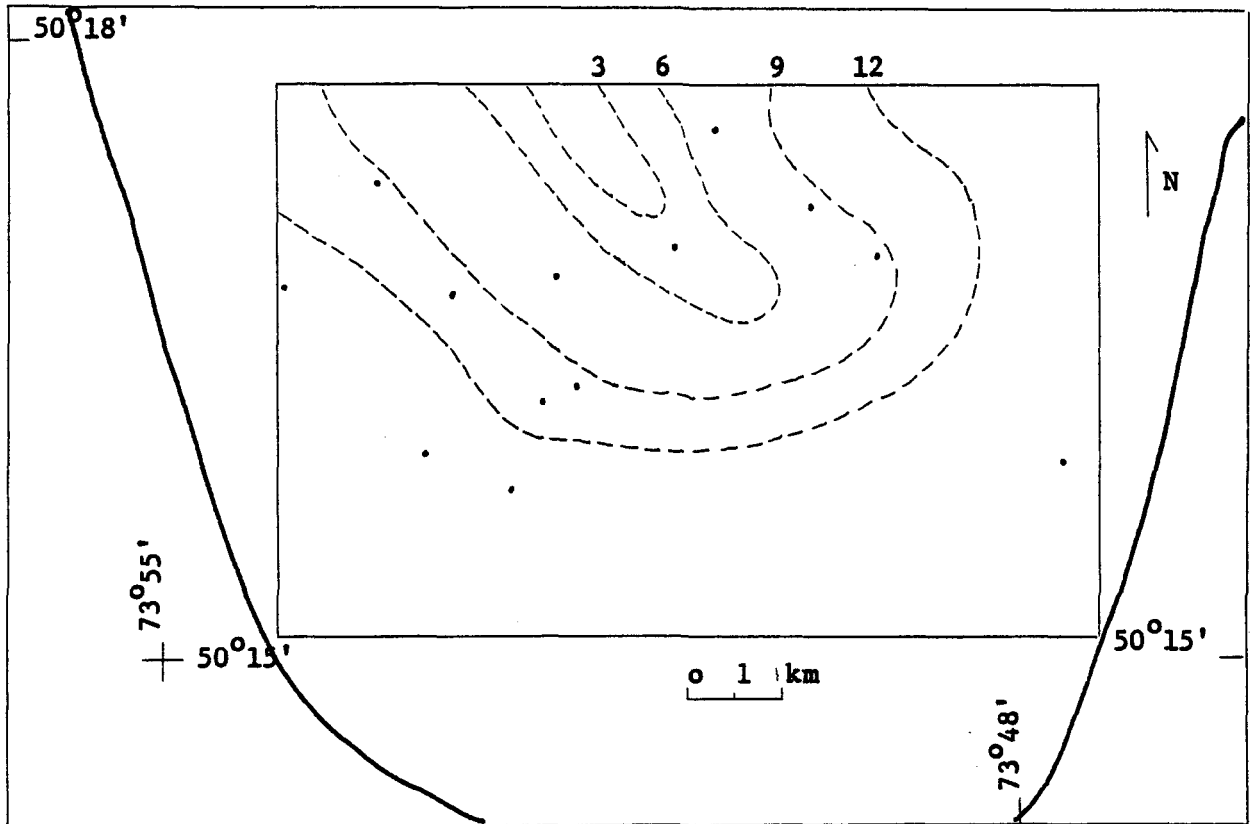


FIGURE 8. Carte de contours isolithes des lithologies stromatolitiques de l'unité A dans le secteur de la Baie du Poste.

- Limite actuelle du Bassin de Mistassini.
- - - Contour isolithe des lithologies stromatolitiques en m.
- Localisation des forages.

Au dessus des stromatolites, mais de façon non uniforme, une dolomie grise complète les lithologies de l'unité A. La dolomie grise alterne avec des lits irréguliers de dolomie arénacée et de dolomies à brèches intra-formationnelles. Quelques petits lits contenant des feuillets de shale sont présents dans la dolomie grise et la dolomie arénacée. La dolomie grise montre parfois des structures de laminations entrecroisées, de "slumping" et de chenaux d'érosion. Enfin, des grains de pyrite et plus rarement de sphalérite sont disséminés dans la roche. L'épaisseur de cette lithologie varie énormément (1 à 50 m.) Elle augmente du SW au NE (Fig. 9).

Unité B

L'unité B regroupe des dolomies argileuses et cinq termes de shales noirs (Fig. 7). L'apparition de la première couche de shale noir marque la base de l'unité, tandis que le toit du cinquième en indique le sommet. La figure 10 montre les isolithes des shales de cette unité. Nous constatons alors que la distribution des shales de la Baie du Poste indique la possibilité d'avoir des bassins locaux à l'intérieur du grand bassin de Mistassini.

Shale S1 ou shale inférieur

L'épaisseur du shale S1 varie de 0.2 à 5 m (la moyenne étant de 3 m) et augmente régulièrement du SW au NE (Fig. 11) dans le secteur de la Baie du Poste. A la base, des lits de pyrite d'environ 1 cm d'épaisseur sont fréquents.

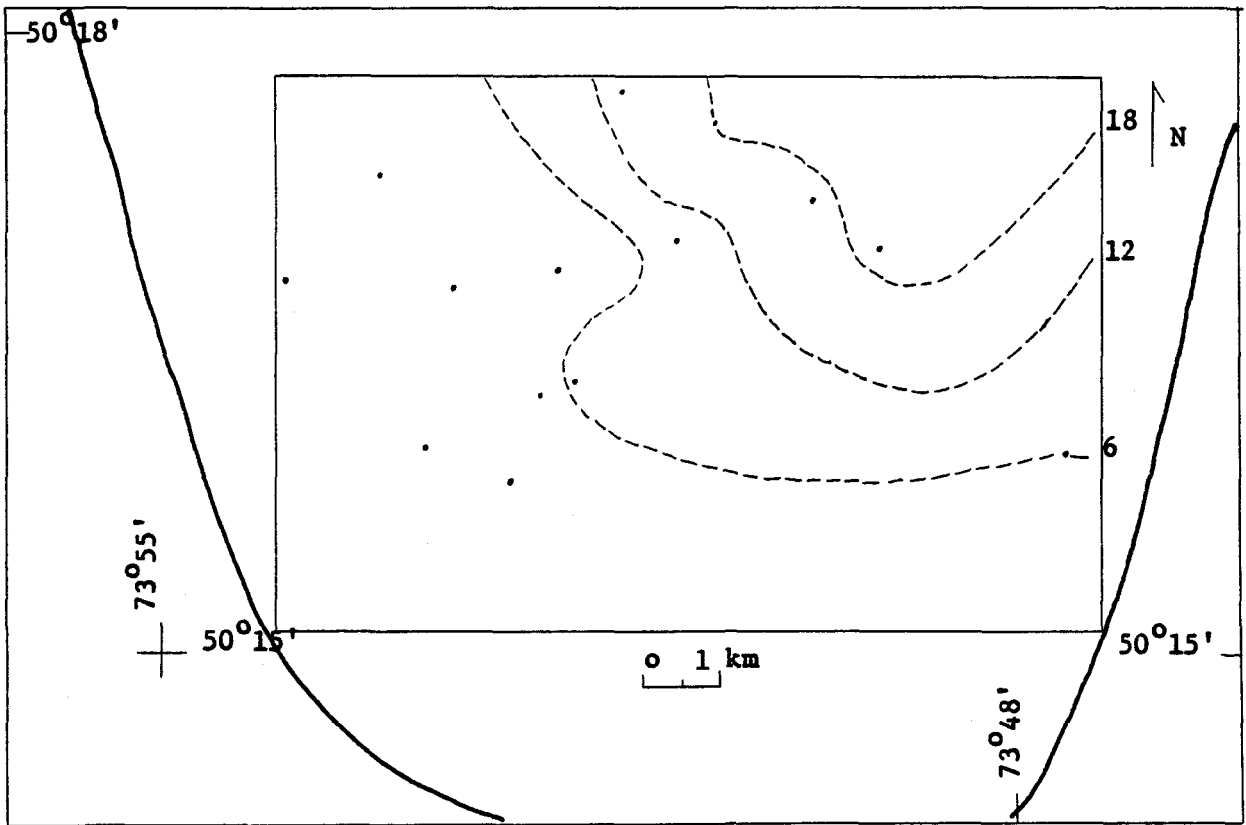


FIGURE 9. Carte de contours isolithes de la dolomie au dessus des stromatolites de l'unité A dans le secteur de la Baie du Poste.

- Limite actuelle du Bassin de Mistassini.
- - - Contour isolithe de la dolomie au dessus des stromatolites en 1
- . Localisation des forages.

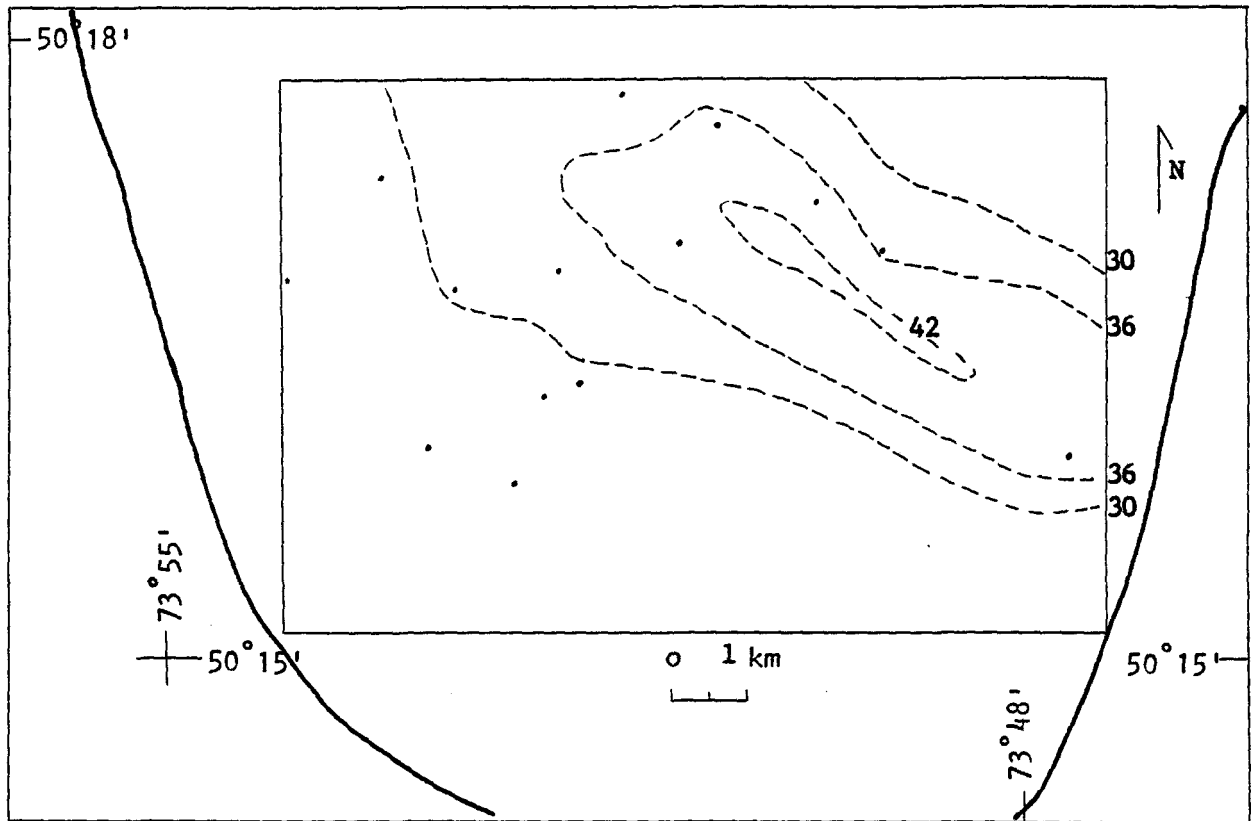


FIGURE 10. Carte de contours isolithes des shales de l'unité B dans le secteur de la Baie du Poste.

- Limite actuelle du Bassin de Mistassini.
- - - Contour isolithe des shales de l'unité B en m.
- . Localisation des forages.

Par ailleurs, des grains de pyrite fine et rarement de sphalérite se retrouvent dans la roche. La partie supérieure de ce terme est de plus en plus dolomitique.

Dolomie D1

La dolomie D1 est de loin la plus épaisse des dolomies intercalées entre les shales noirs, avec une épaisseur moyenne de 35 m (Fig. 12). Les structures les plus fréquentes dans ces dolomies sont les laminations crénelées et entrecroisées. Dans la partie inférieure, les brèches intraformationnelles abondent. Des veines de quartz-carbonates de même que des veinules de pyrite et beaucoup plus rarement de sphalérite parcourent la roche. Vers le sommet, nous constatons l'apparition de minces lits de dolomie grise et de dolomie noire.

Shale S2

L'épaisseur du shale S2 se situe entre 1.5 et 6 m avec une valeur moyenne de 3 m. L'épaisseur de ce dernier augmente régulièrement du SW au NE (Fig. 13). Des lits de pyrite (5 mm en moyenne) sont fréquents. Quelques fractures sont remplies de carbonates blancs. Des nodules de pyrite de 1 cm de diamètre en moyenne se rencontrent un peu partout dans la roche.

Dolomie D2

La dolomie D2 varie de 4 à 30 m d'épaisseur (Fig. 14). Les

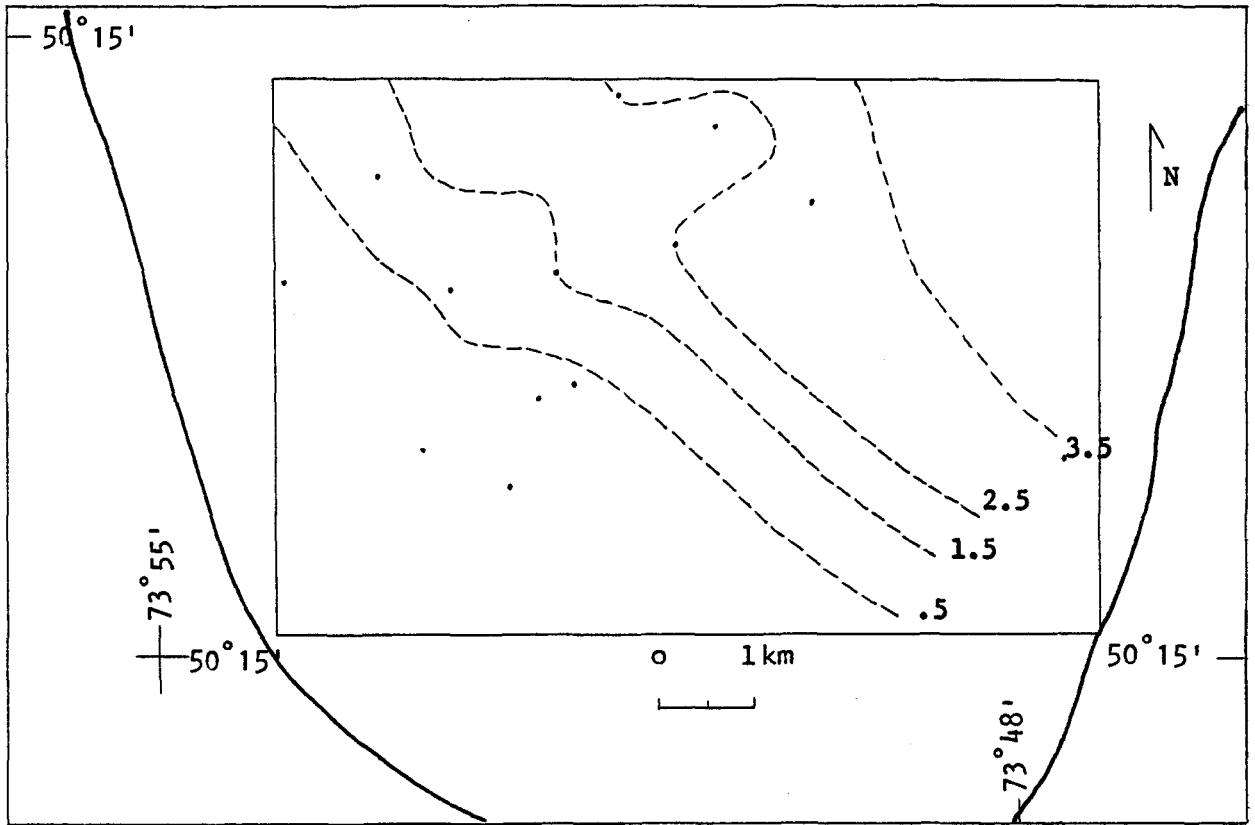


FIGURE 11. Carte de contours isopaques du shale S1 dans le secteur de la Baie du Poste.

- Limite actuelle du Bassin de Mistassini.
- - - Contour isopaque du shale S1 en m.
- . Localisation des forages.

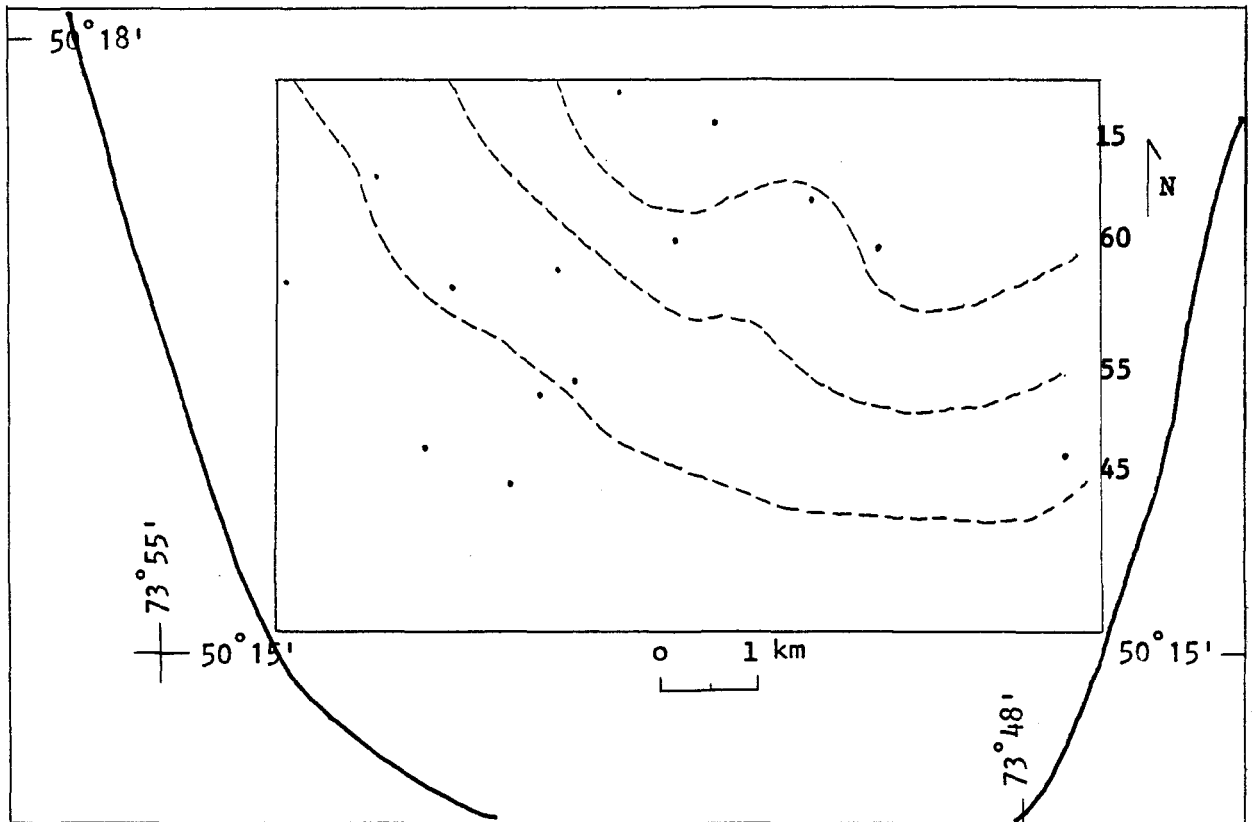


FIGURE 12. Carte de contours isopaques de la dolomie D1 dans le secteur de la Baie du Poste.

- Limite actuelle du Bassin de Mistassini.
- - - Contour isopaque de la dolomie D1 en m.
- . Localisation des forages.

structures sédimentaires les plus fréquentes sont les laminations crénulaires, les brèches et les structures de "slumping". De nombreuses veinules de carbonates d'orientation aléatoire jalonnent la roche. La pyrite s'y trouve en grains fins disséminés.

Shale S3

Le shale S3 a une épaisseur comprise entre 0.3 et 6 m. avec une moyenne de 2 m (Fig. 15). Des bandes de pyrite de 3 mm en moyenne recourent le shale noir à des intervalles approximatifs de 5 cm.

Dolomie D3

L'épaisseur de la dolomie D3 varie de 4 à 16 m, la moyenne se situant autour de 8 m (Fig. 16). La couleur de cette dolomie est grise à gris sombre. Elle est argileuse et finement litée (lits de 1 mm en moyenne). Les laminations crénulaires sont fréquentes. De petits lits (1 mm) de shale noir s'insèrent occasionnellement dans cette lithologie. La pyrite se présente en fines laminations ou en grains fins disséminés. De nombreuses veinules de quartz-carbonate d'orientation aléatoire parcourent la roche.

Shale S4

L'épaisseur du shale S4 est comprise entre 1 et 4 m, la moyenne étant d'environ 2 m (Fig. 17). A la base, le shale est interlité avec une dolomie argileuse noire, tandis qu'au sommet il montre plusieurs interlits

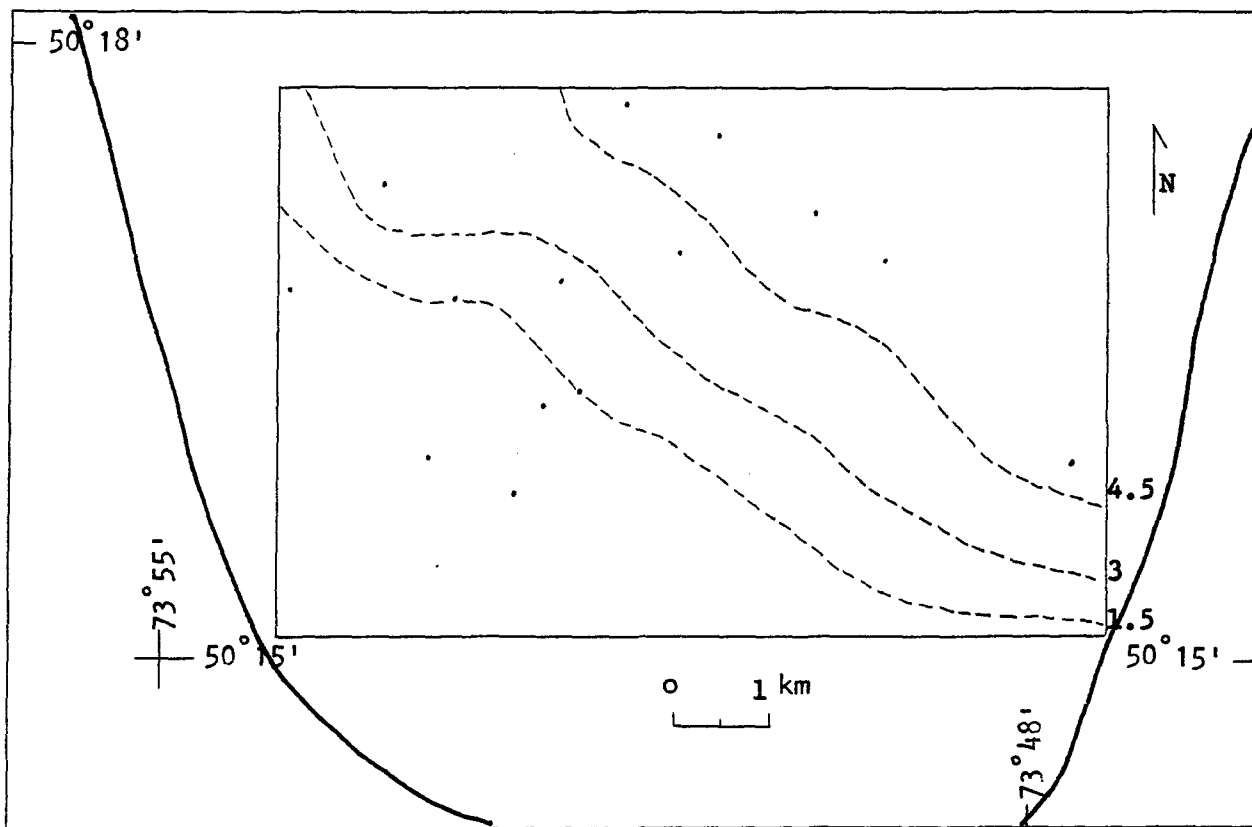


FIGURE 13. Carte de contours isopaques du shale S2 dans le secteur de la Baie du Poste.

- Limite actuelle du Bassin de Mistassini.
- - - Contour isopaque du shale S2 en m.
- . Localisation des forages.

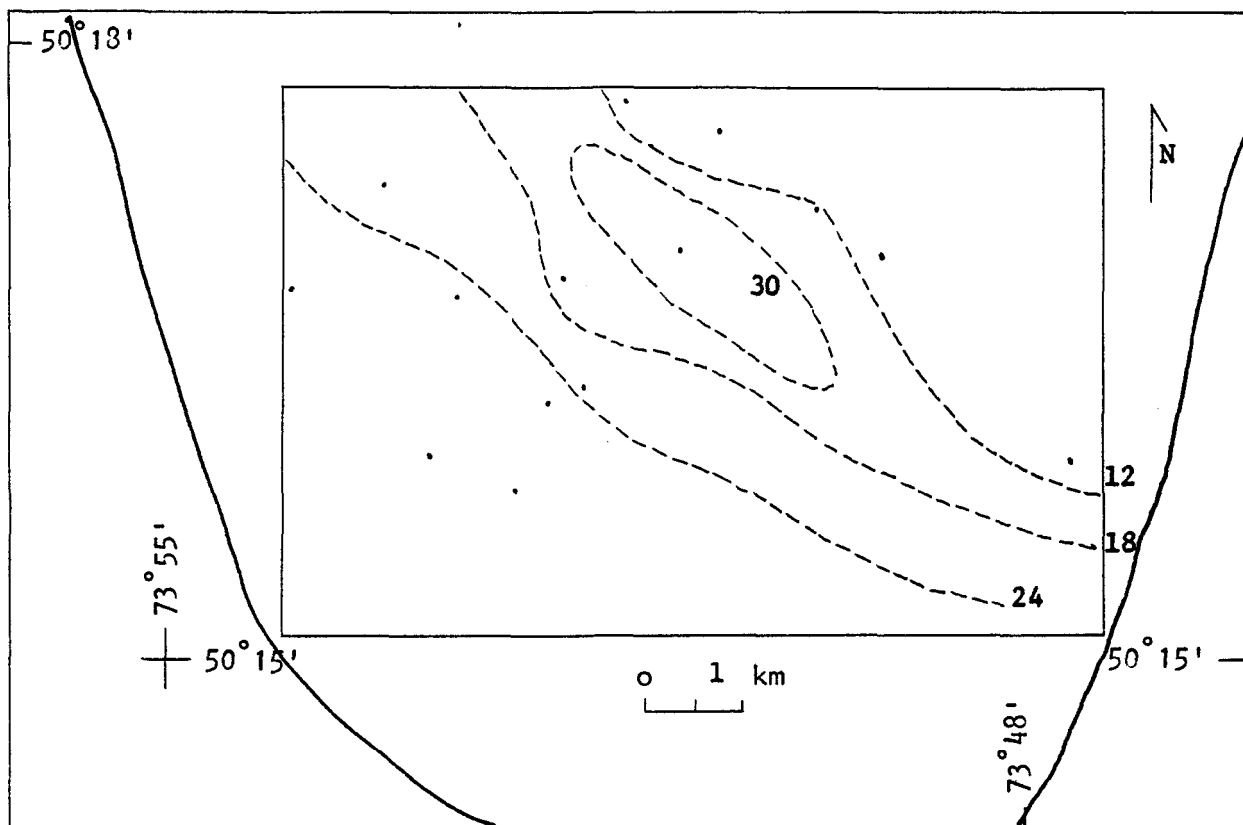


FIGURE 14. Carte de contours isopaques de la dolomie D2 dans le secteur de la Baie du Poste.

- Limite actuelle du Bassin de Mistassini.
- - - Contour isopaque de la dolomie D2 en m.
- . Localisation des forages.

de pyrite (0.5 m d'épaisseur).

Dolomie D4

Contrairement aux autres termes, les courbes de contours isopaques de la dolomie D4 diminuent du SW au NE (Fig. 18). Ce terme est caractérisé par des interlits de dolomie grise et de dolomie gris-noir.

Shale S5

Le shale S5 ou shale supérieur est de loin le plus épais des cinq termes de shales noirs. Son épaisseur oscille entre 15 et 35 m (Fig. 19). Sa composition varie de shale noir très graphitique à shale noir dolomitique. Dans la moitié inférieure, quelques lits ou lentilles de dolomie grise s'intercalent dans le shale noir. La pyrite se présente sous forme de fines laminations, de nodules, ou encore de grains fins disséminés. Le contact inférieur est graduel. La moitié supérieure est plus pâle en raison d'une plus grande quantité de dolomie. Le contact supérieur est net.

Unité C

L'unité C est caractérisée par une puissante séquence de dolomie argileuse finement litée. Les épaisseurs varient de 200 à 300 m. La limite supérieure étant imposée par la base de l'unité D ou la surface d'érosion. La limite inférieure est indiquée par le sommet du shale S5 de l'unité B. En plus de la dolomie argileuse, nous retrouvons quelques lits (1.5 m d'épaisseur au maximum) de shale noir dolomitique, de dolomie argileuse

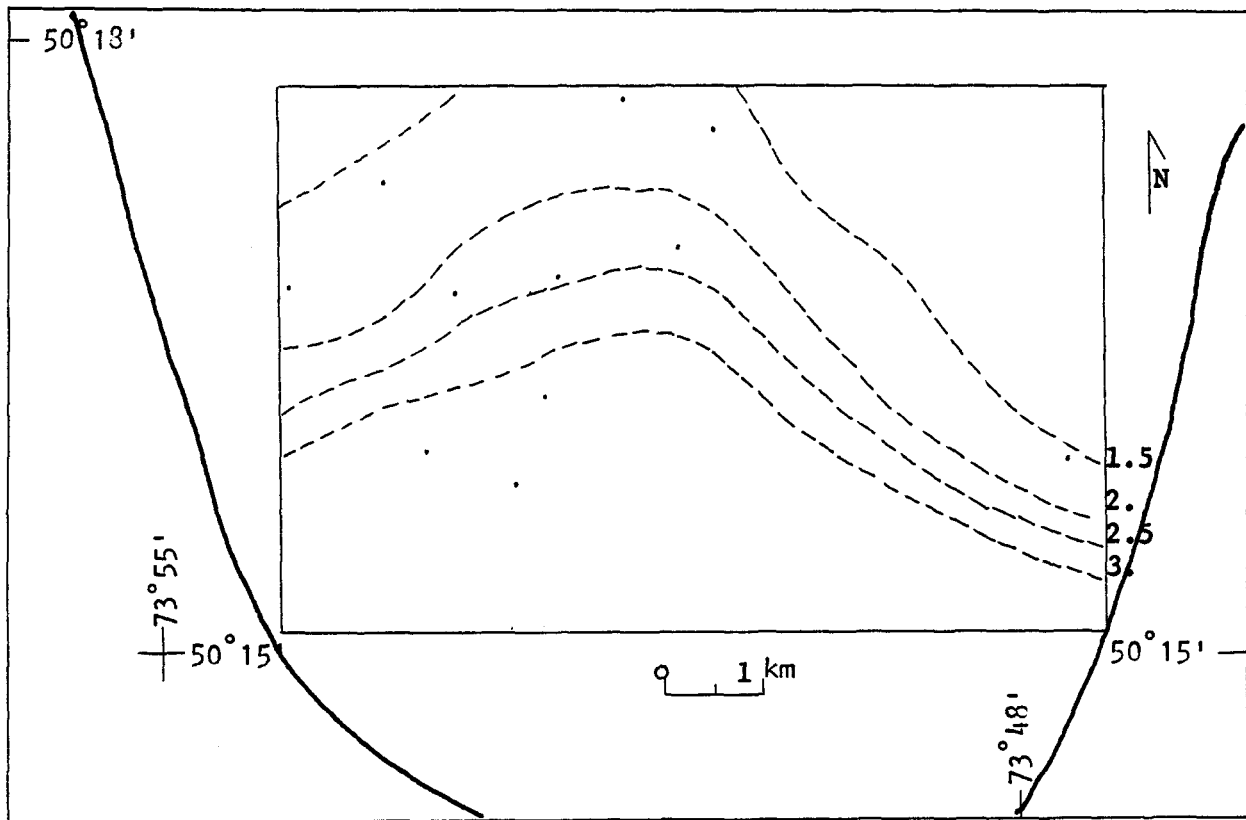


FIGURE 15. Carte de contours isopaques du shale S3 dans le secteur de la Baie du Poste.

- Limite actuelle du Bassin de Mistassini.
- - - Contour isopaque du shale S3 en m.
- . Localisation des forages.

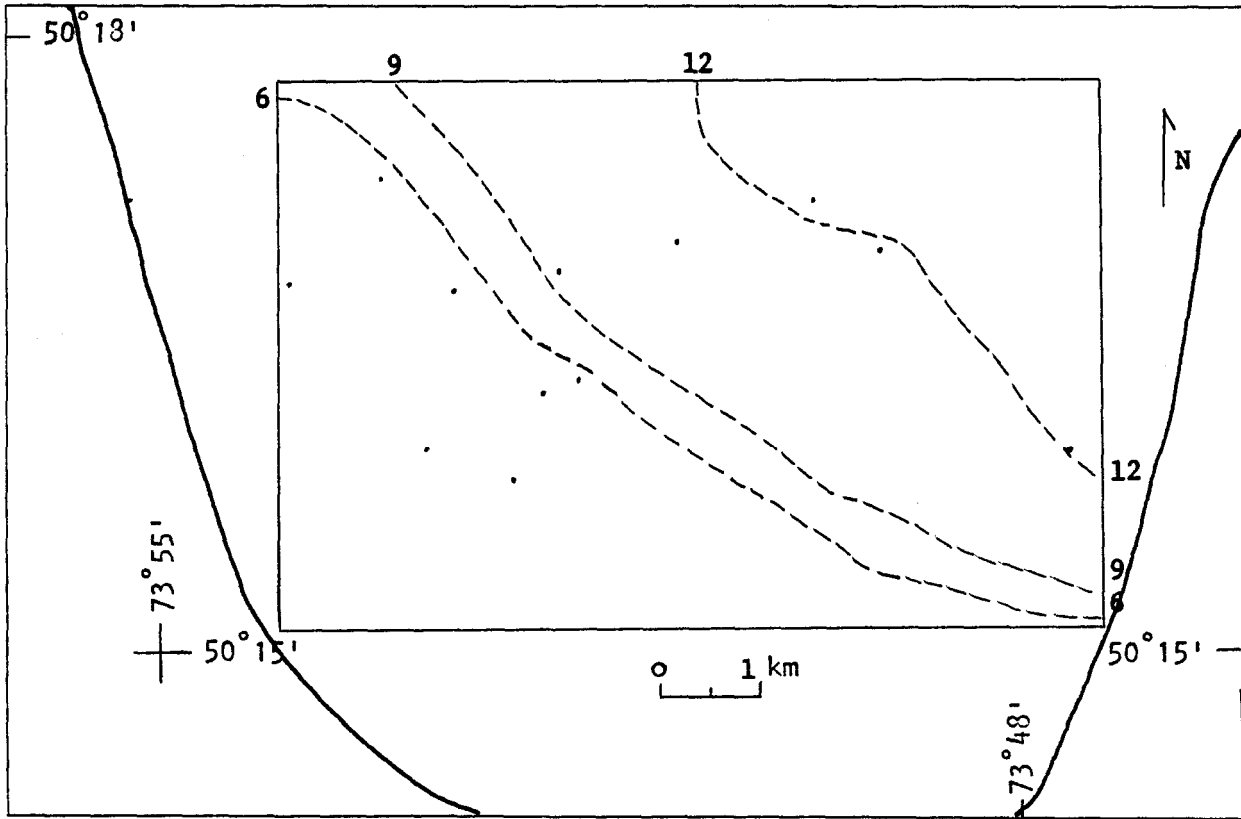


FIGURE 16. Carte de contours isopaques de la dolomie D3 dans le secteur de la Baie du Poste.

- Limite actuelle du Bassin de Mistassini.
- - - Contour isopaque de la dolomie D3 en m.
- . Localisation des forages.

noire ainsi que des brèches intraformationnelles. Les structures sédimentaires dominantes sont les laminations de convolution et les laminations entrecroisées, ainsi que des chenaux d'érosion. Localement les structures de "slumping" sont présentes.

Unité D

L'unité D se distingue des autres unités du membre inférieur de la Formation d'Albanet par la présence de nombreuses brèches intraformationnelles. Cette unité caractérise la chaîne d'île centrale du lac Mistassini et la péninsule de la Baie du Poste. Deux types de brèches caractérisent cette unité: les brèches concordantes et les brèches discordantes. Le deuxième type correspond à des brèches de dissolution et d'effondrement. Ces brèches recoupent franchement le litage, par opposition aux brèches dans l'unité C. Leur largeur varie de 6 à 15 m et leur épaisseur peut aller jusqu'à 30 m. Les fragments de brèche ont un diamètre moyen de 25 cm. Ils sont composés de dolomies grises et de dolomies argileuses finement litées. Le premier type de brèche est plus commun dans la séquence. Il comprend des dépôts plus ou moins lenticulaires, concordants au litage. Leur épaisseur est comprise entre 1 et 2 m. La composition des fragments est similaire à celle décrite plus haut, mais leurs dimensions sont plus modestes. Nous retrouvons du chert noir concentré dans la partie supérieure de l'unité. Il se présente sous forme de nodules, de lentilles ou de lits individuels pouvant atteindre 15 cm d'épaisseur. La disparition des lits de chert noir indique le sommet de l'unité.

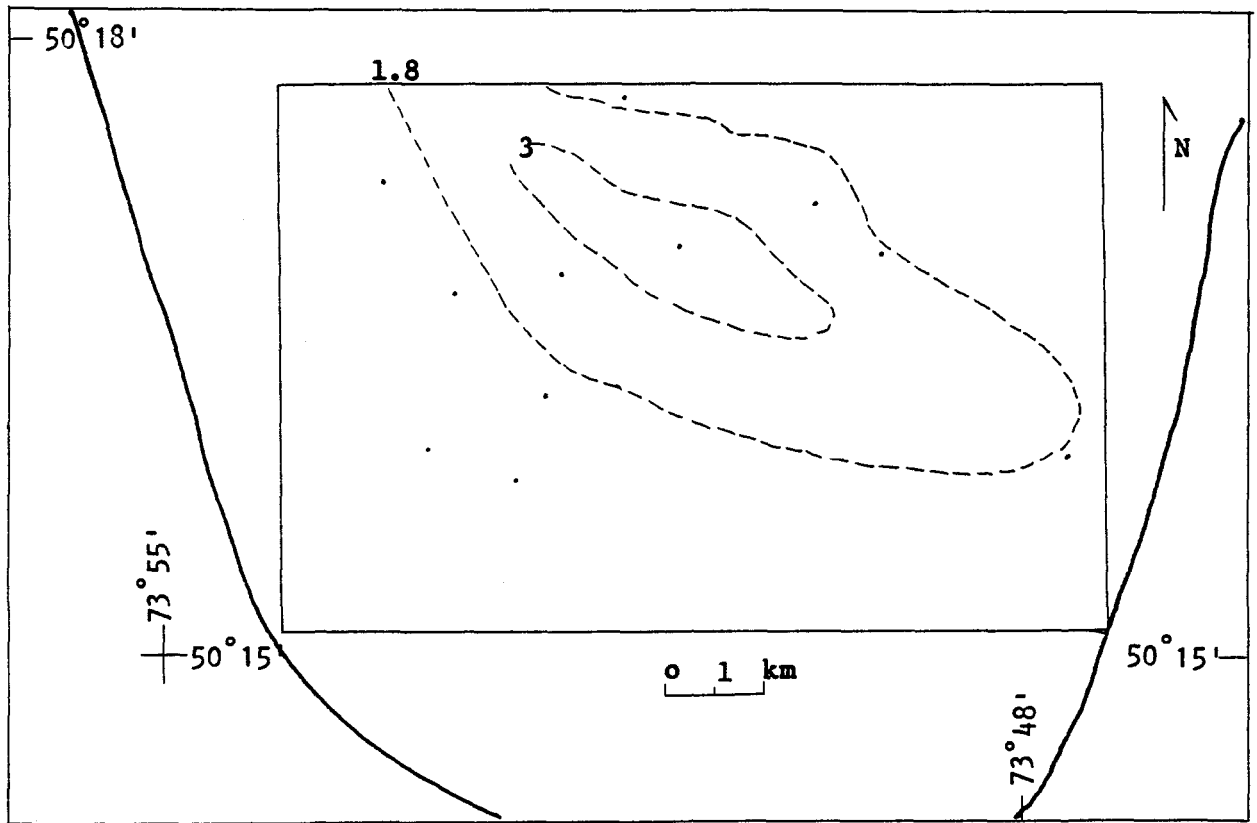


FIGURE 17. Carte de contours isopaques du shale S4 dans le secteur de la Baie du Poste.

- Limite actuelle du Bassin de Mistassini.
- - - Contour isopaque du shale S4 en m.
- . Localisation des forages.

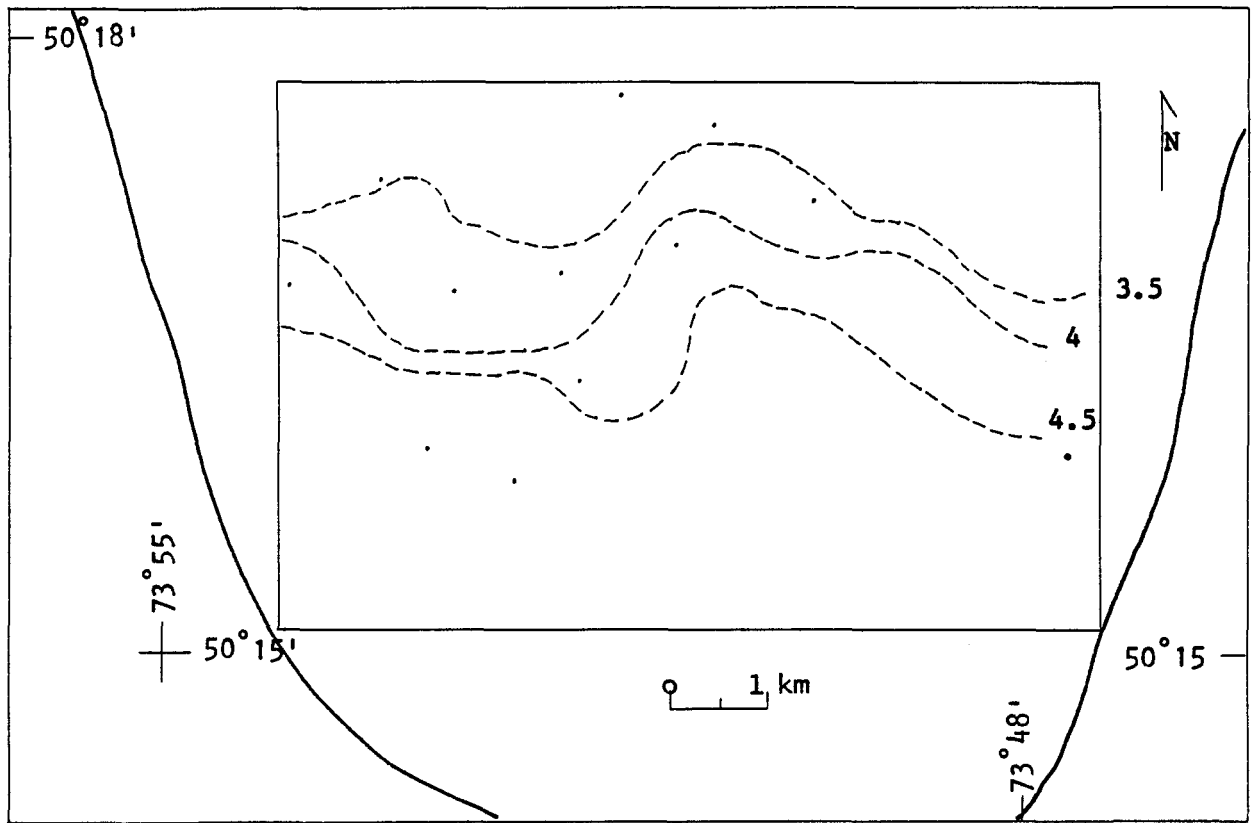


FIGURE 18. Carte de contours isopaques de la dolomie D4 dans le secteur de la Baie du Poste.

- Limite actuelle du Bassin de Mistassini.
- - - Contour isopaque de la dolomie D4 en m.
- . Localisation des forages.

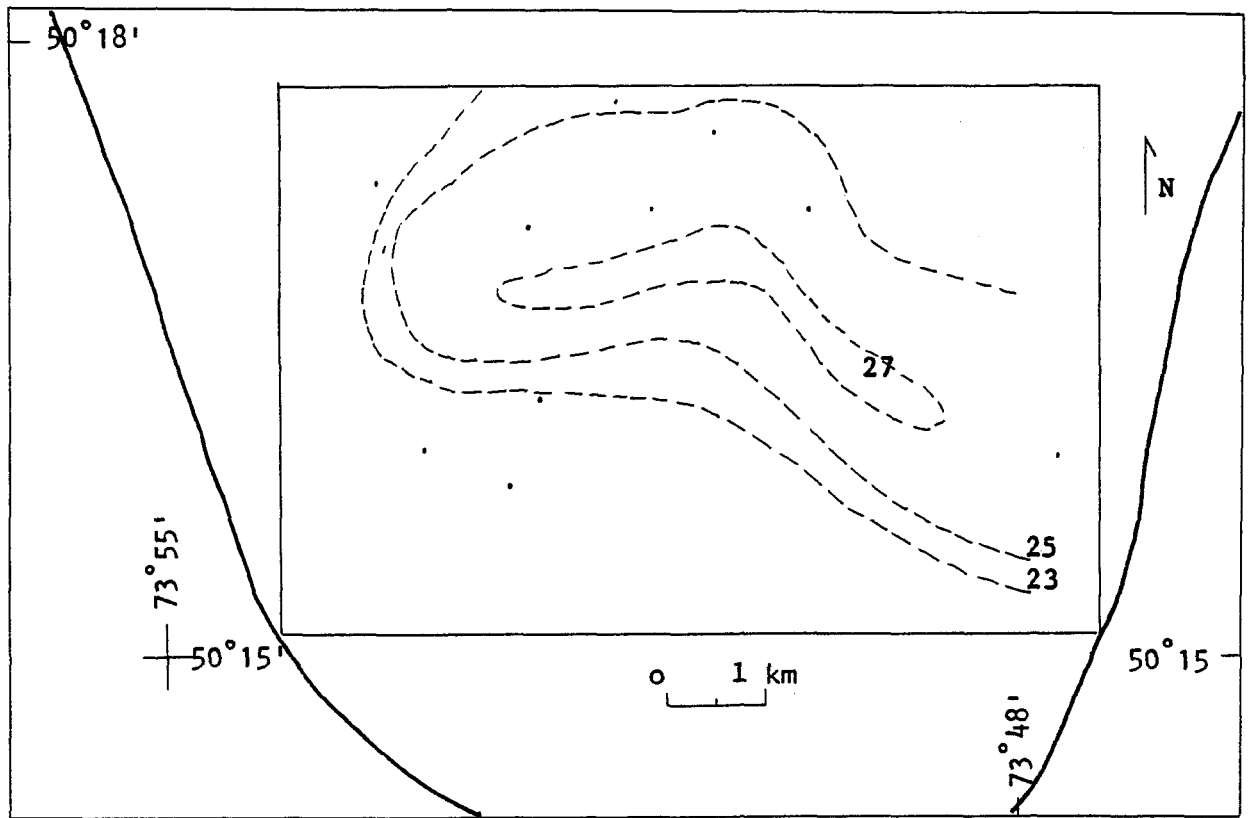


FIGURE 19. Carte de contours isopaques du shale S5 dans le secteur de la Baie du Poste.

- Limite actuelle du Bassin de Mistassini.
- - - Contour isopaque du shale S5 en m.
- . Localisation des forages.

Unité E

L'unité E se compose surtout de dolomie finement litée d'altération brun rouille. En cassure fraîche, nous avons une roche à grains très fins, de couleur gris-pâle. Les laminations sont visibles grâce à de minces lits de shale. La disparition de la dolomie finement litée de teinte brun rouille marque le sommet de l'unité.

Unité F

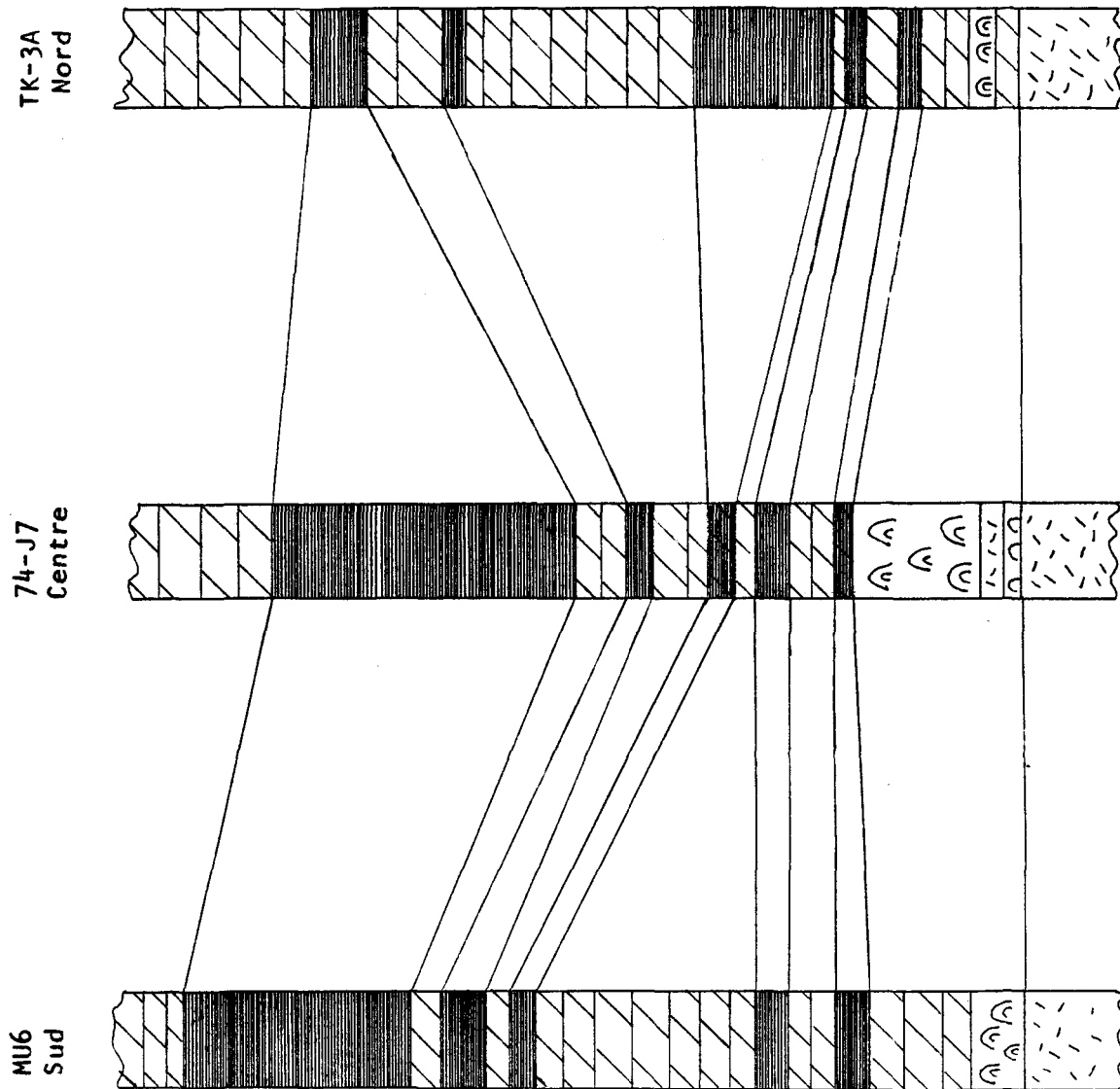
L'unité F correspond à une séquence de transition entre les membres inférieurs et supérieurs de la Formation d'Albanel. A la base, cette unité se compose essentiellement de dolomies argileuses finement litées, suivies par des lits de dolomies grises homogènes. Les lits de cette dernière lithologie peuvent atteindre 6 m d'épaisseur. Près du contact supérieur, la dolomie montre une surface d'altération rose. L'apparition des dolomies roses ou chamois marque le contact entre l'unité F et les roches du membre supérieur de la Formation d'Albanel.

VARIATIONS DU MEMBRE INFÉRIEUR

DE LA FORMATION D'ALBANEL

Dans le secteur qui fait l'objet de cette étude, c'est-à-dire le bras W du lac Mistassini et la Baie du Poste, les trois unités A, B et C qui constituent la base du membre inférieur de la Formation d'Albanel sont présentes. L'abondance des forages dans le secteur de la Baie du Poste a

FIGURE 20. Corrélation stratigraphique des shales noirs
de la Formation d'Albanel.



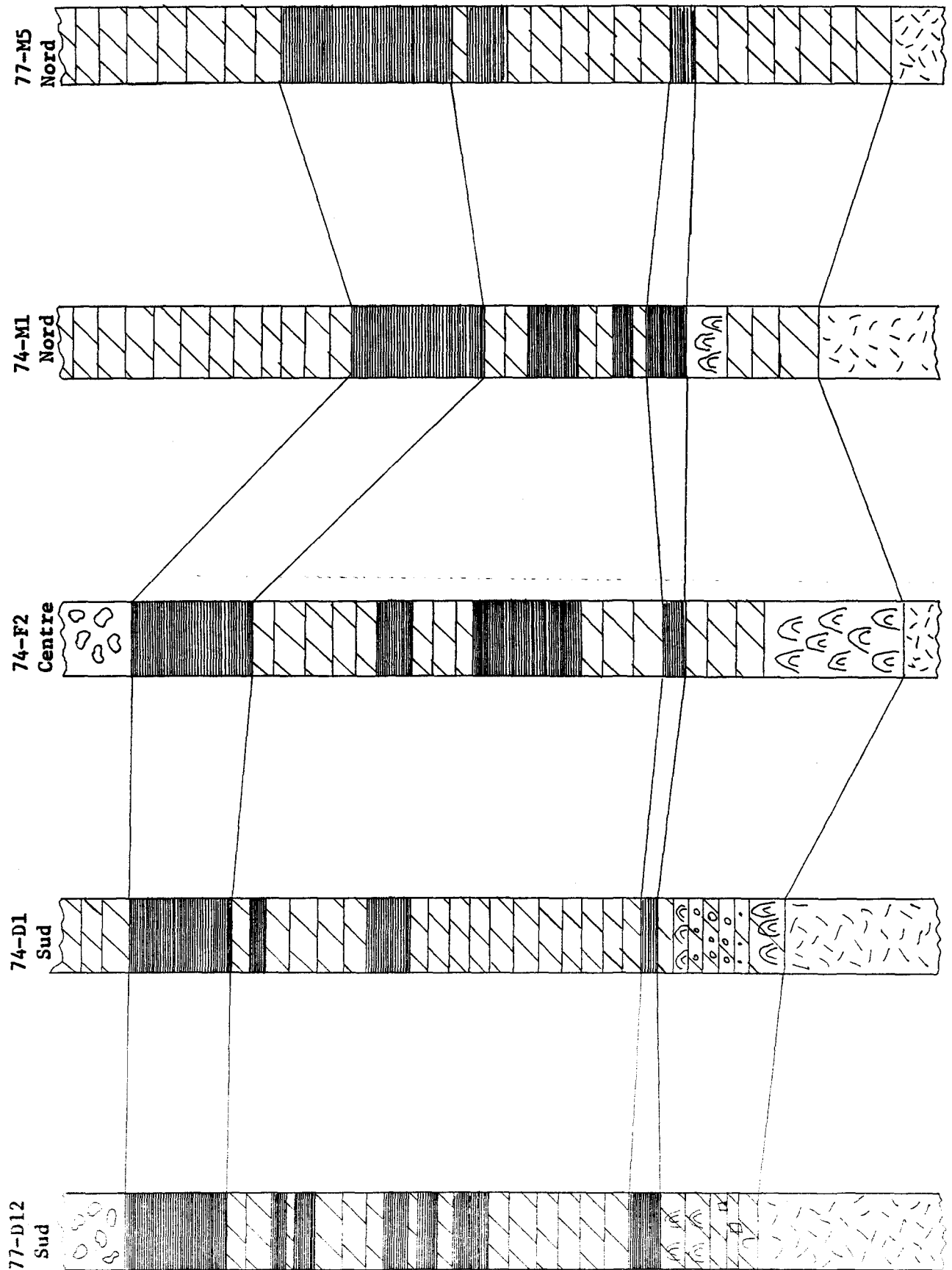
été exploitée pour les études d'épaisseur, cependant il faut noter que toutes les unités sont présentes du N au S du bassin. De tels faciès sédimentaires peuvent s'interpréter en fonction de leur distribution latérale (Walther, 1894). De tous les faciès sédimentaires décrits précédemment, ce sont les cinq termes de shale noir à l'intérieur de l'unité B qui sont les plus soumis à des variations latérales.

Trois forages représentatifs des régions pris successivement au N, au Centre et au S du bassin recoupent toutes les lithologies de la base du membre inférieur de la Formation d'Albanel (Fig. 20). Cela témoigne d'une certaine homogénéité stratigraphique dans le bassin de Mistassini. Cependant, le nombre de shales noirs (5 en moyenne) peut augmenter ou diminuer selon le cas. Ces irrégularités apparaissent dans les sections stratigraphiques composites (fig. 21). Ainsi, au Sud du bassin nous pouvons observer des zones variant de quatre à sept termes de shale tandis qu'au N nous pouvons observer quatre termes de shales ou moins. Evidemment, en périphérie du bassin, l'érosion actuelle peut diminuer le nombre de lits de shales.

Discussion

Les corrélations lithostratigraphiques, dans la mesure où nous avons cinq termes de shales noirs, peuvent s'envisager aisément. Lorsque le nombre de shales noirs varie, seules les corrélations des shales S1 et S5 peuvent être retenues, le premier, par sa position caractéristique au dessus des stromatolites, le second, remarquable par son épaisseur. Entre les deux,

FIGURE 21. Variations du nombre d'unités de shales noirs à travers le Bassin de Mistassini.



les corrélations sont pour le moins complexes.

Les structures présentes dans l'unité A du membre inférieur de la Formation d'Albanel, qu'il s'agisse des structures algaires, des brèches intraformationnelles, des laminations ou des chenaux d'érosion, peuvent être attribuées à un milieu marin de faible profondeur (Eriksson et Truswell, 1974; Truswell et Eriksson, 1975; Eriksson, 1977).

Les séquences sédimentaires caractérisées par l'alternance de formations de shales et de dolomie ont été définies par Moore (1936, 1949) comme étant des "Cyclothèmes". Le terme "mégacyclothème" fait appel à de telles séquences cycliques dont le type de roches carbonatées varie.

L'unité B du membre inférieur de la Formation d'Albanel peut être qualifiée de "mégacyclothème". Plusieurs modèles ont été évoqués par différents auteurs pour expliquer les cyclothèmes. Evans (1967) et Wilson (1975) font appel à la formation de hauts fonds sédimentaires sous-marins qui causent la restriction du bassin tout entier, les shales noirs se formant dans les profondeurs de la mer; et une restriction locale qui entraîne la formation de lagunes, marais, environnements favorables au dépôt de shales noirs.

Un exemple moderne de restriction du bassin est offert par la mer Baltique dont la profondeur peut atteindre 100 et 200 m à l'E de la Suède,

mais restreinte à moins de 40 m près des îles danoises (Segerstrale, 1957). Une boue noire riche en matières organiques s'accumule en grande profondeur.

Il existe plusieurs exemples modernes de baies peu profondes, de lagunes et de marais côtiers où l'on enregistre des accumulations de boues noires riches en matières organiques (Heckel, 1977). Selon ce dernier, la présence de la dolomie comme phase régressive au dessus des shales noirs pennsylvaniens du Kansas est incompatible avec le modèle de restriction du bassin. Par analogie, ce modèle ne peut être retenu pour expliquer le "mégacyclothème" de Mistassini.

Les fluctuations eustatiques du niveau de l'eau de mer ont été proposées par plusieurs auteurs (Wanless, 1966, 1972; Ferm, 1970; Galloway et Brown, 1973, Heckel, 1977). Ce modèle, qui fait appel à la transgression-régression, favorise la sédimentation des shales noirs au maximum de la transgression et celle des carbonates pendant la période régressive. Le modèle des variations eustatiques s'applique avantageusement au "mégacyclothème" du bassin de Mistassini. Les variations latérales dans le nombre de shales noirs peuvent s'expliquer par de faibles transgressions-régressions locales dues principalement à la paléotopographie qui peut varier localement.

La cuvette de Papaskwasati, au N du bassin est sans aucun doute une source du matériel terrigène (Coty, 1976). La présence de structures de courant de direction NS dans la région de la rivière Wabassinon (Chown, communication personnelle) suppose qu'il existe d'autres sources pour le matériel terrigène.

GEOCHIMIE

Introduction

Généralités

Le deuxième volet de ce travail sera consacré à la lithogéochimie de la base du membre inférieur de la Formation d'Albanel. Nous consacrerons à ce sujet nos efforts sur les horizons de shales noirs, objet principal de notre étude, mais aussi des dolomies intercalées.

Le terme "shale noir" implique généralement un dépôt de milieu marin (Vine et Tourtelot, 1970). Il est souvent employé dans le sens large, de sorte qu'il peut comprendre des roches autres, tels les claystones, les silstones, les shales bitumineux etc. D'une manière générale, ces roches marines à grains fins sont composées de minéraux détritiques (quartz, minéraux d'argile) de minéraux formés par précipitation chimique ou biologique, et de matières organiques.

Le choix des shales noirs comme objet principal de la géochimie repose sur le fait qu'ils ont une capacité d'adsorption élevée et sont considérés comme des niveaux porteurs.

Mode d'échantillonnage

L'échantillonnage s'est fait à partir des carottes des forages de

la S.D.B.J. (Société de Développement de la Baie de James) pendant l'été 1977. Ces carottes sont disponibles dans les bureaux de la dite société à Chibougamau.

Le mode d'échantillonnage consiste à prélever trois échantillons au sommet, au centre et à la base de chaque horizon de shale noir si l'épaisseur le permet. Un échantillon a aussi été prélevé dans chaque horizon de dolomie intercalée. De plus deux échantillons proviennent des dolomies de l'unité C.

Le circuit suivi pour la préparation des échantillons ainsi que les conditions d'analyses sont présentés en appendice 2.

Les analyses, tant des éléments majeurs que des éléments traces, ont été faites par la méthode de spectrophotométrie d'absorption atomique. Seul le contenu en matières organiques a été analysé par les méthodes thermiques différentielle (ATD) et gravimétrique (ATG) combinées.

Présentation des Résultats

Nous présentons les résultats d'analyses conformément à la démarche scientifique qui sous-tend cette étude.

Les résultats de la première série d'analyses sont présentés de façon à illustrer les variations des éléments suivant la stratigraphie (Fig. 22 a - e). Ni les horizons de shales intermédiaires, ni les horizons de dolomie ne se révèlent comme étant des concentrateurs particulièrement privilégiés d'ions.

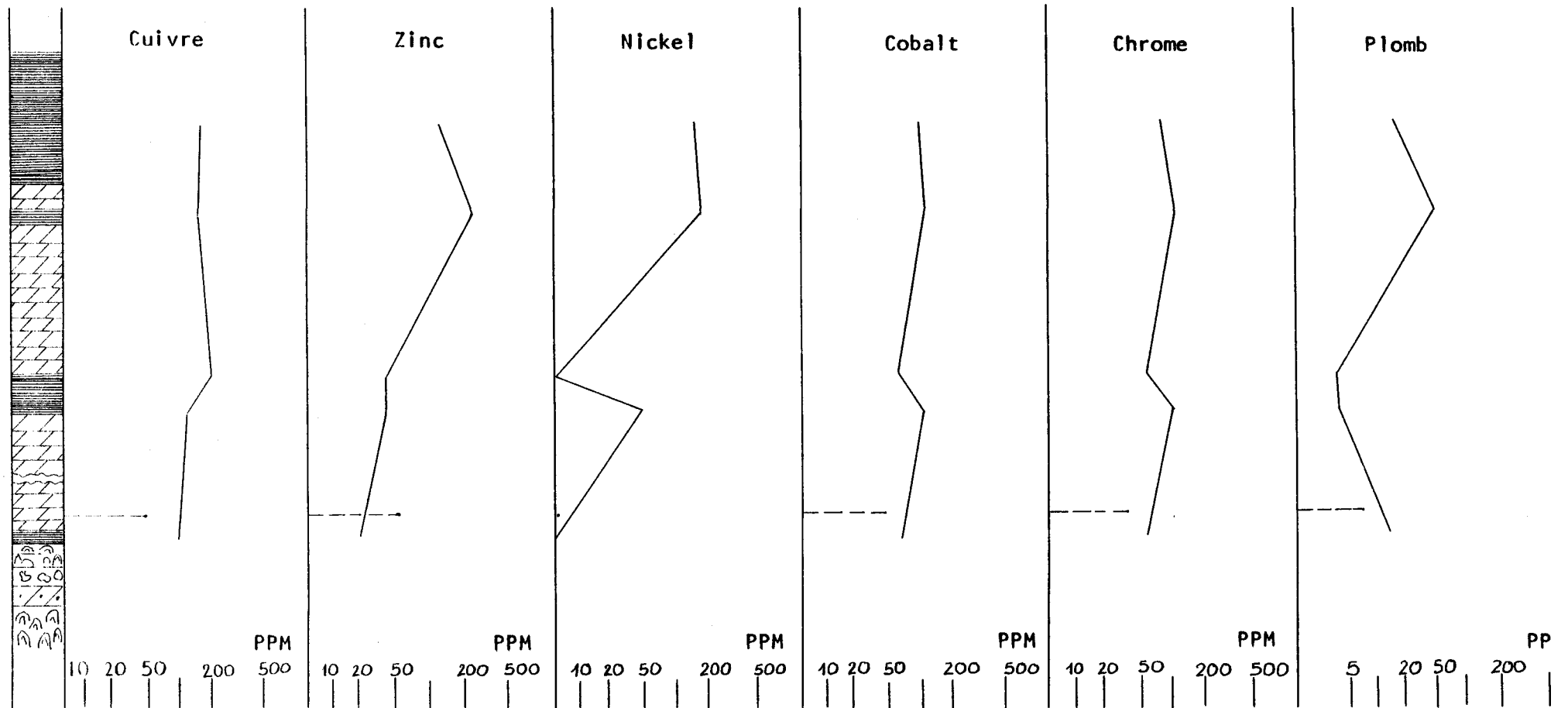


FIGURE 22a.

Variations de la teneur en éléments traces dans l'unité B du membre inférieur de la Formation d'Albanel.

Forage 74-D1 situé dans le secteur sud du lac Mistassini.

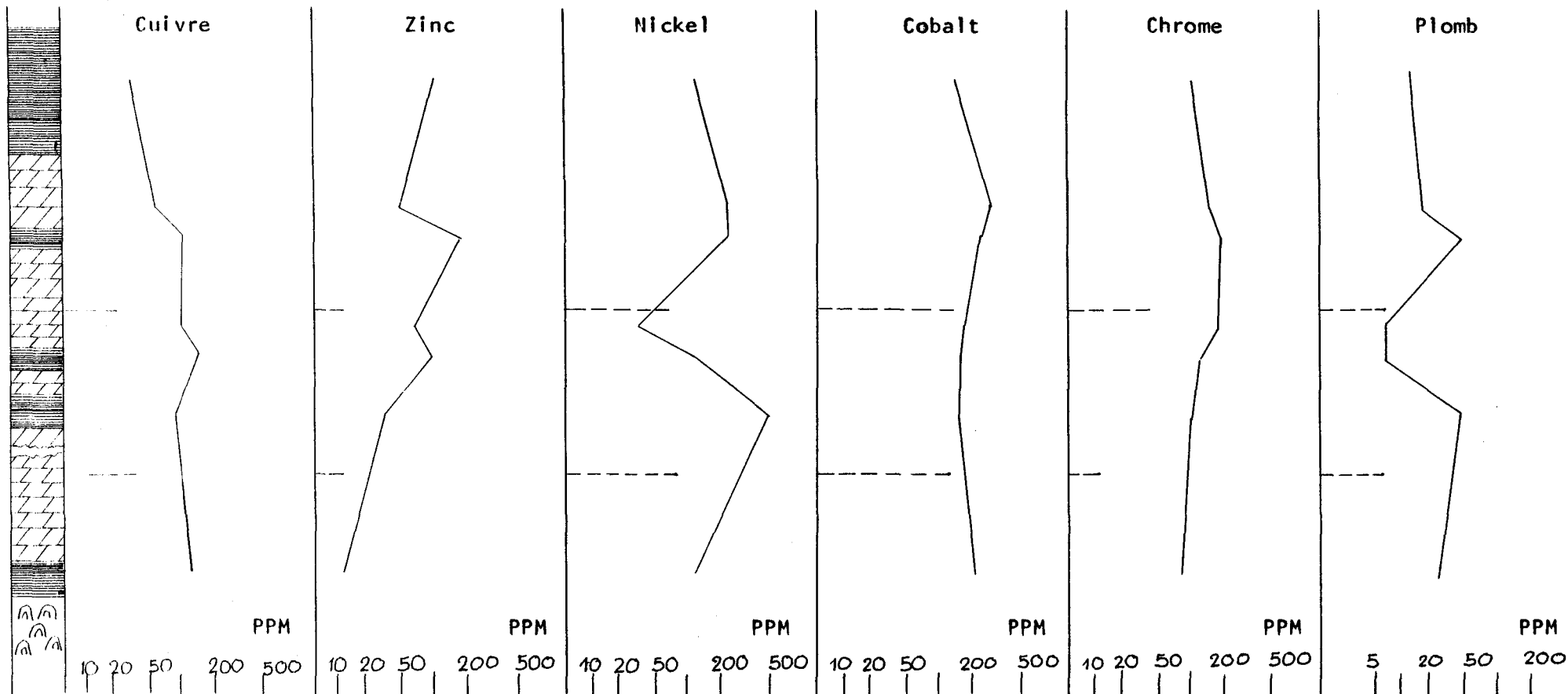


FIGURE 22b. Variations de la teneur en éléments traces dans l'unité B du membre inférieur de la Formation d'Albanel.

Forage 77-D12 dans le secteur sud du lac Mistassini.

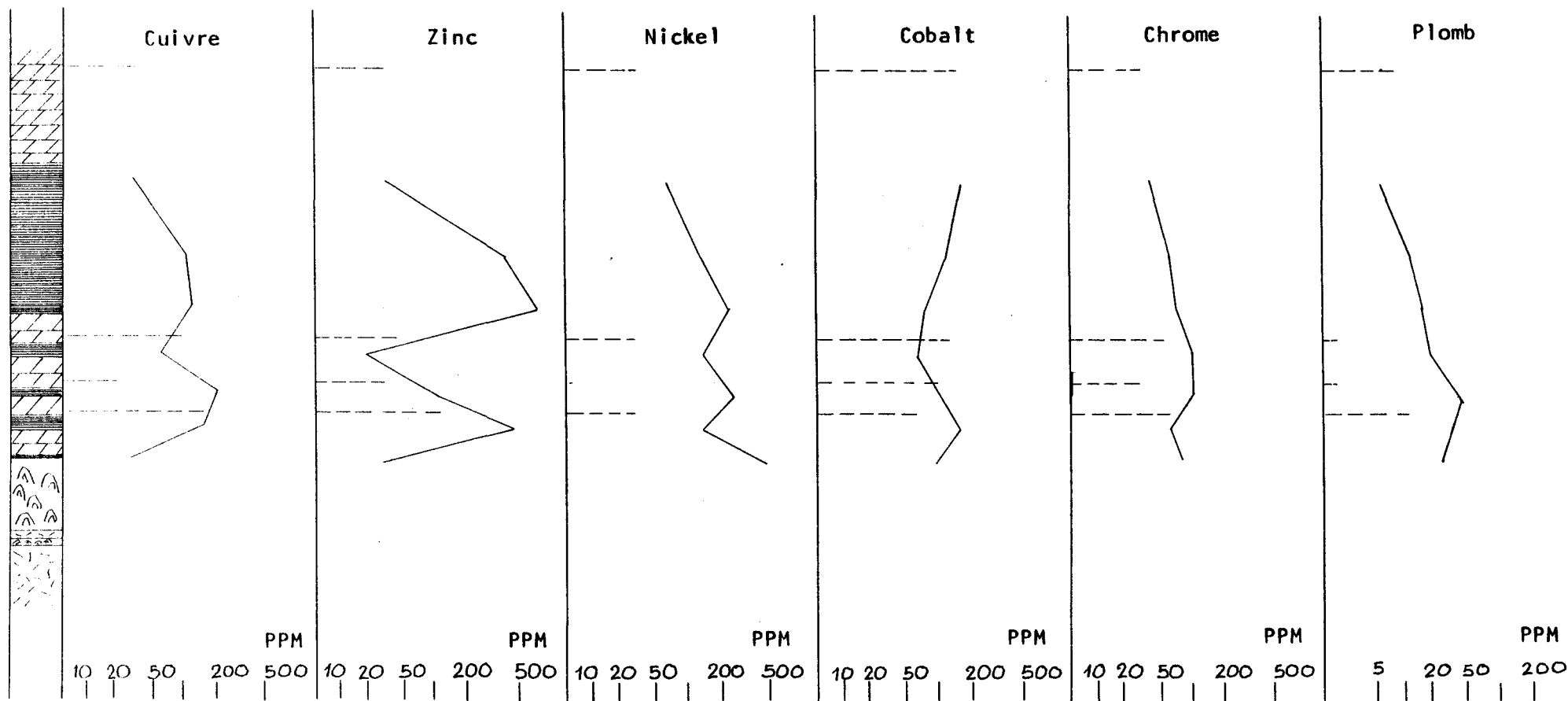


FIGURE 22c.

Variations de la teneur en éléments traces dans l'unité B
du membre inférieur de la Formation d'Albanel.

Forage 74-J1 dans le secteur centre du lac Mistassini.

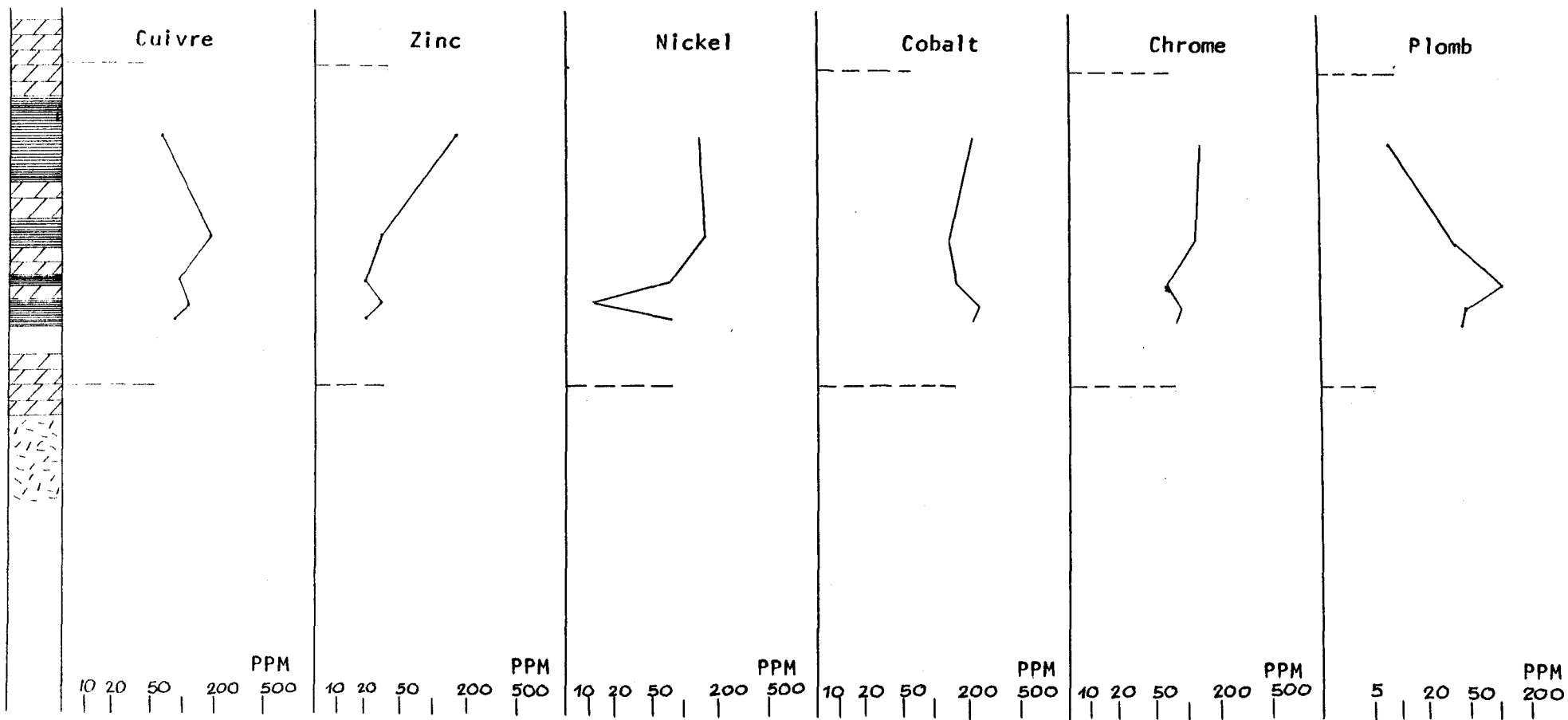


FIGURE 22d. Variations de la teneur en éléments traces dans l'unité B du membre inférieur de la Formation d'Albanel.

Forage 74-M1 situé dans le secteur nord du lac Mistassini.

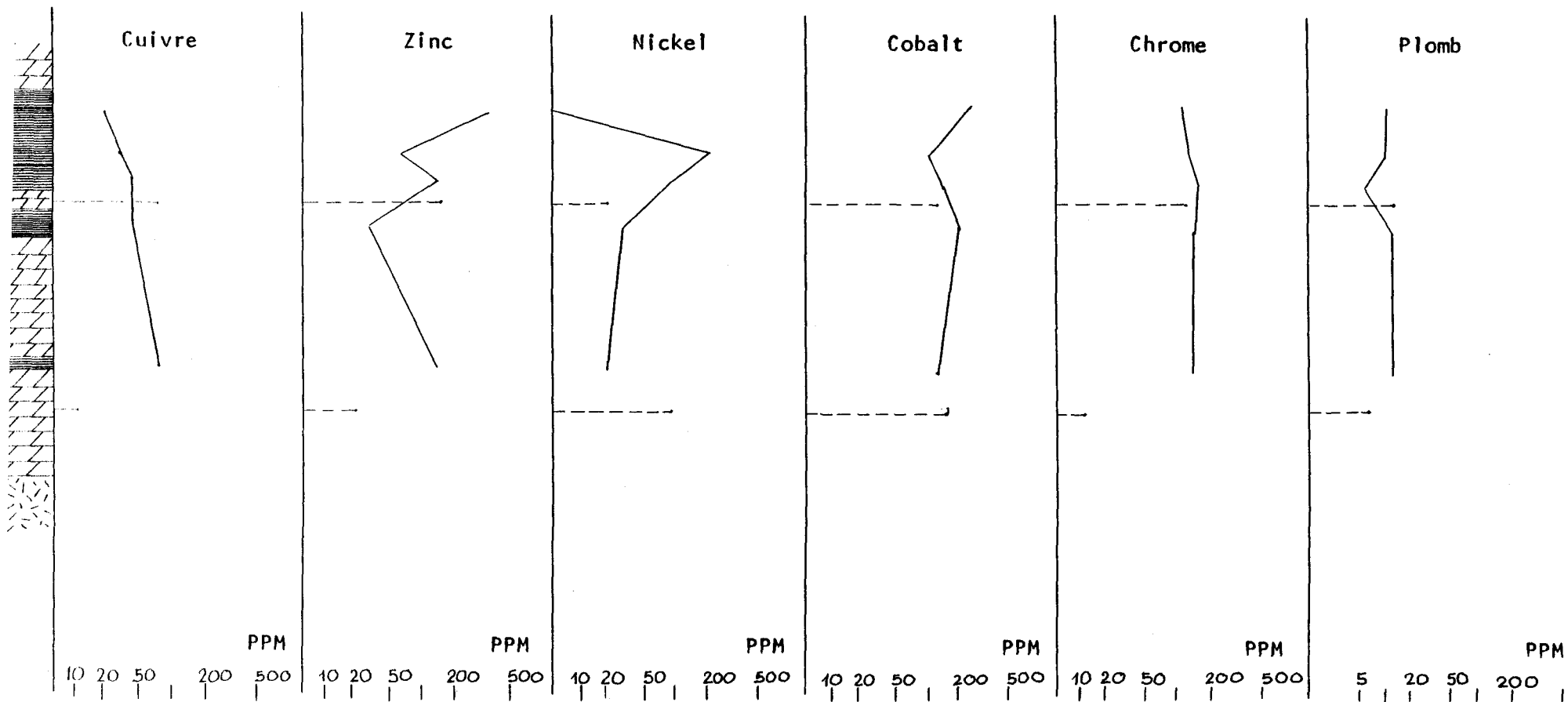


FIGURE 22e.

Variations de la teneur en éléments traces dans l'unité B du membre inférieur de la Formation d'Albanel.

Forage 77-M5 situé dans le secteur nord du lac Mistassini.

De plus, la corrélation stratigraphique des shales intermédiaires n'étant pas évidente, il est souhaitable de choisir les shales supérieur (S5) et inférieur (S1) pour la poursuite des travaux d'analyses.

Des échantillons provenant de trois forages et choisis seulement dans les termes de shale supérieur et de shale inférieur ont été ajoutés aux échantillons de la première série pour l'analyse de neuf éléments majeurs et sept éléments traces. Les résultats sont présentés dans l'appendice 2.

Les analyses de la troisième série ont trait au contenu en matières organiques des échantillons. Les résultats sont consignés dans l'appendice 3 également.

INTERPRETATION GEOCHIMIQUE

Généralités

Les lits de shales noirs riches en métaux ne se distinguent de leurs homologues pauvres ou stériles que par l'intermédiaire de l'analyse chimique. D'après Vine et Tourtelot (1970) cela indique que les métaux contenus dans les shales sont syngénétiques. Ce point de vue fera l'objet d'une discussion ultérieure dans laquelle nous traiterons de la source des métaux.

TABLEAU: II MOYENNES DES RESULTATS

OXYDES	MOYENNE (POURCENT)	ELEMENT	MOYENNE (PPM)
SiO ₂	63.83	Cu	107
Al ₂ O ₃	12.69	Zn	134
MnO	0.06	Pb	37
Fe ₂ O ₃	3.62	Ni	107
MgO	5.33	Co	145
CaO	3.79	Cr	73
Na ₂ O	1.05	Ba	294
K ₂ O	8.17		
TiO ₂	1.25		

Shale noir de Mistassini

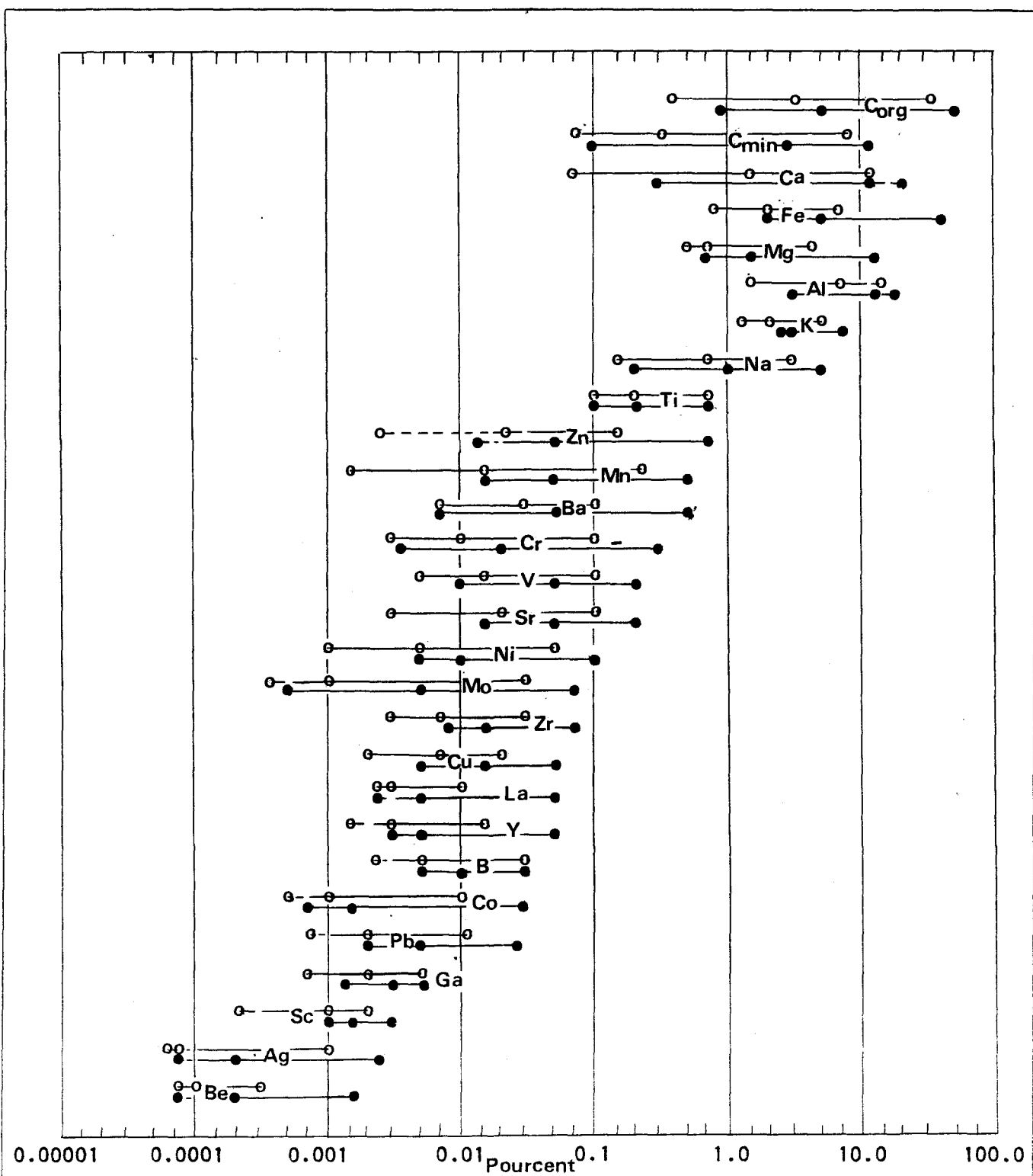


TABLEAU III. Intervalles des moyennes et des 95 pourcents cumulatifs pour 20 dépôts de shales noirs (Vine et Tourtelot, 1970).

○ — ○ — ○ Intervalles des valeurs d'enrichissement minimum.
 Mini Moy Max
 ● — ● — ● Intervalles des 95 pourcents cumulatifs.

Elements majeurs et matières organiques

La silice est l'oxyde le plus abondant dans nos couches de shale noir (Tableau: II) avec une moyenne de 63.83 pourcent. Al_2O_3 et K_2O suivent avec 12.69 pourcent et 8.17 pourcent respectivement. La composition chimique des shales noirs correspond à un mélange d'illite riche en K_2O et de quartz. MnO avec une moyenne de 0.06 est légèrement supérieur à la moyenne des shales noirs (0.015) étudiés par Vine et Tourtelot (1970), (Tableau III). Seul le shale de Nonesuch (Michigan) contient plus de Mn (0.23).

Variations dans la stratigraphie

Nous avons vu dans le chapitre précédent que la moitié supérieure du shale S5 (Fig. 7) était plus pâle en raison d'une plus grande quantité de dolomie. Cette observation se confirme par la géochimie. En effet, les oxydes correspondant à la dolomie, c'est-à-dire MgO et CaO , augmentent vers le sommet du shale S5. Par contre, ceux correspondant aux minéraux d'argile proprement dit comme Al_2O_3 , Fe_2O_3 et K_2O augmentent quant à eux vers la base du shale S5, tout comme le contenu en matières organiques qui augmentent vers la base du shale S5. Cela correspond au fait que le shale contient plus de matières organiques que la dolomie.

Dans le shale S1 (Fig. 7), Na_2O et CaO augmentent vers le sommet tandis que le contenu en matières organiques diminue. Le shale S1 concentre plus de carbonates au sommet qu'à la base.

TABLEAU: IV. COMPARAISON AVEC LES ARGILITES DE PAPASKWASATI

Echantillons	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO	Fe ₂ O ₃	H ₂ O
Argilites noires de Papaskwasati	0.32	0.54	20.34	62.14	0.11	7.64	0.21	0.58	0.005	5.38	2.56
Argilite moyenne de Papaskwasati	0.37	0.74	22.10	60.34	0.16	8.67	0.27	0.73	0.006	4.11	2.46
Illite moyenne	0.21	2.94	23.17	52.74	-	6.04	0.70	0.61	-	4.90	7.50
Moyenne shale noir Albanel inférieure	1.05	5.33	12.69	63.83	-	8.17	3.79	1.25	0.06	3.62	-
Shale S1	1.02	2.22	12.30	69.68	-	8.53	1.34	1.5	0.01	3.55	-
Shale S5	1.26	6.02	13.42	62.78	-	8.05	3.71	1.06	0.06	3.67	-

Comparaison avec les argilites de Papaskwasati

Le tableau IV présente la composition moyenne des argilites de Papaskwasati (Caty, 1976), ainsi que l'illite moyenne (Deer et al, 1962) avec la composition moyenne des shales noirs du membre inférieur de la Formation d'Albanel. Les différences significatives se situent au niveau des oxydes suivants: MgO, CaO, MnO, Al₂O₃, Na₂O et TiO₂.

MgO et CaO sont plus élevés dans le shale S5 que partout ailleurs. L'abondance relative de la dolomie dans cette couche explique la différence.

MnO est d'au moins dix fois plus élevé dans les shales noirs du membre inférieur de la Formation d'Albanel. L'excès de manganèse peut s'attribuer au milieu de sédimentation marin, par opposition à l'argillite continentale (Caty, 1976) de Papaskwasati.

L'étude de Vine et Tourtelot (1970) sur les shales noirs de vingt provinces sédimentaires aux Etats-Unis et au Canada (Tableau: III) identifie la teneur en aluminium comme étant un indice de l'origine détritique. La faible teneur en aluminium de nos shales, par rapport à l'argillite de Papaskwasati et à l'illite moyenne nous fait supposer que les matériels terrigènes qui constituent en partie les shales noirs de Mistassini devaient perdre de l'aluminium, probablement par dilution, pendant le processus sédimentaire. De plus, les teneurs moyennes de Al₂O₃, MgO, Fe₂O₃ et TiO₂ d'une part, et les teneurs de K₂O et Na₂O d'autre part, correspondent à une forte quantité d'illite.

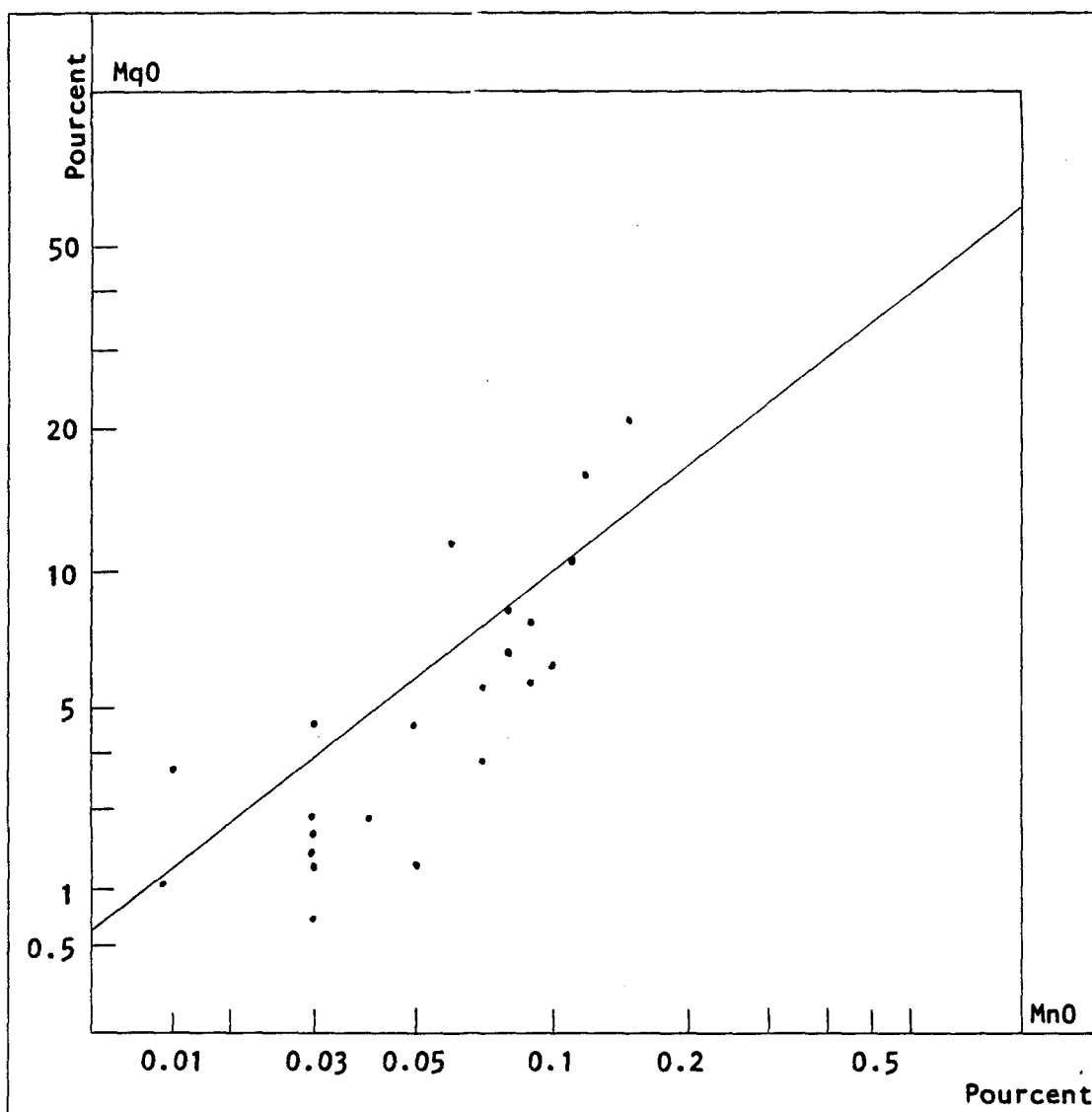


FIGURE 23. Diagramme de corrélation entre MqO et MnO.

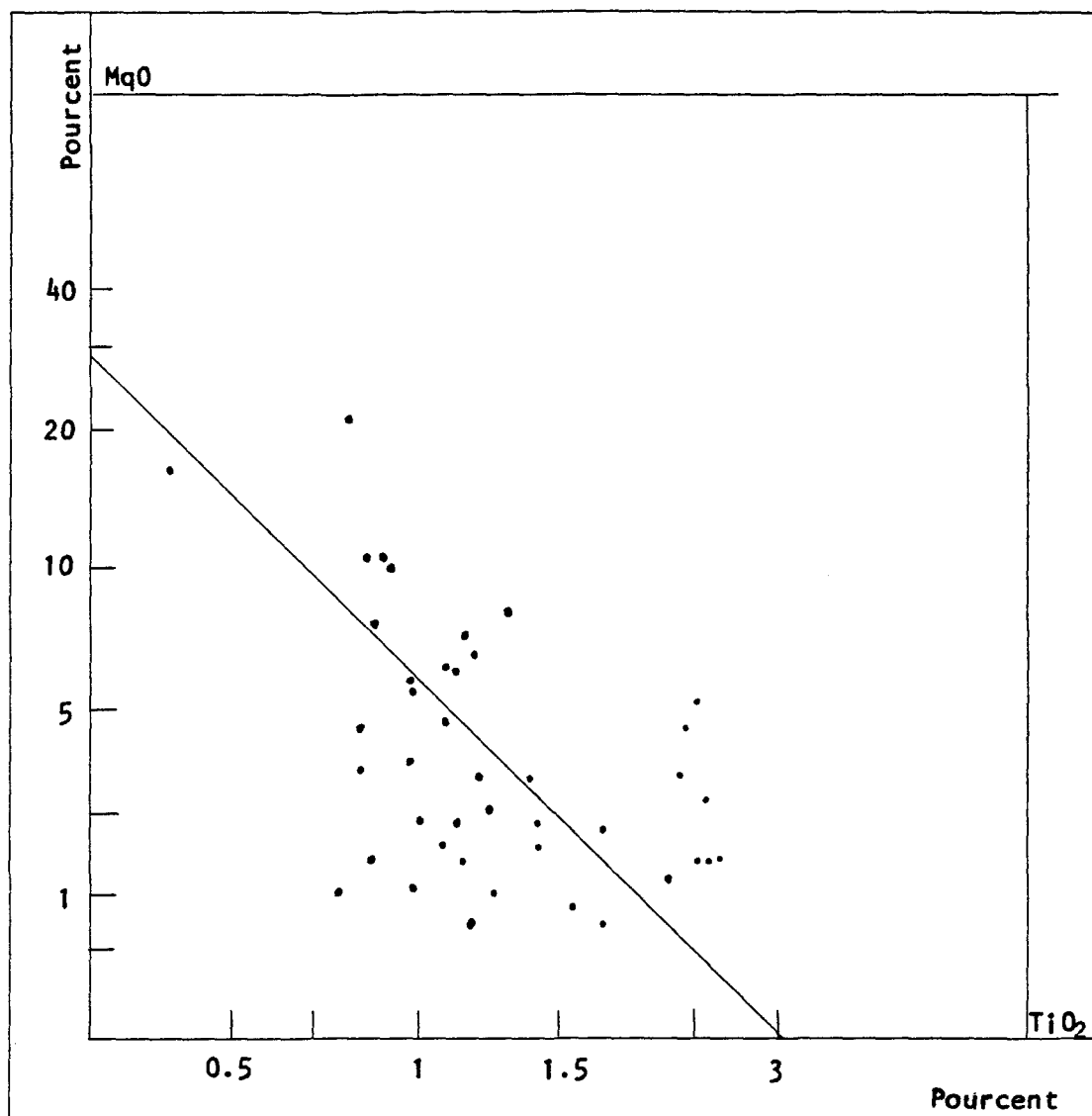


FIGURE 24. Diagramme de corrélation entre MqO et TiO₂.

La déficience en aluminium de nos illites est rééquilibrée par le potassium et le sodium, ce qui est conforme à la quantité élevée de ces éléments. Si l'on considère le calcium et de magnésium comme provenant essentiellement de la dolomite, l'excès de SiO_2 se retrouve alors sous forme de quartz que nous avons identifié par des analyses autres que chimiques.

Corrélations

Une façon usuelle d'étudier la géochimie d'une région donnée est l'établissement de relations entre les éléments eux-mêmes. A cet égard, les coefficients de corrélation (Tableau: V) permettent d'identifier les associations entre les éléments. Parmi les variables en présence, MgO et CaO donnent la corrélation la plus positive. Cela indique que la dolomie est présente à l'exclusion virtuelle de la calcite. Les rapports MgO sur MnO montrent une corrélation positive, tandis que par rapport à TiO_2 nous avons une corrélation négative (Fig. 23 et 24). Par contre, K_2O est en corrélation positive avec TiO_2 , mais négative avec MnO (Fig. 25 et 26).

Matières organiques

La grande différence entre les shales en général et les shales noirs en particulier réside dans le contenu en matières organiques. Ce contenu est de 0.65 pour cent pour les shales en général, tandis que dans les shales noirs, ce contenu passe à 3 pour cent (Green, 1959). Les shales noirs de Mistassini dépassent largement la moyenne avec une valeur

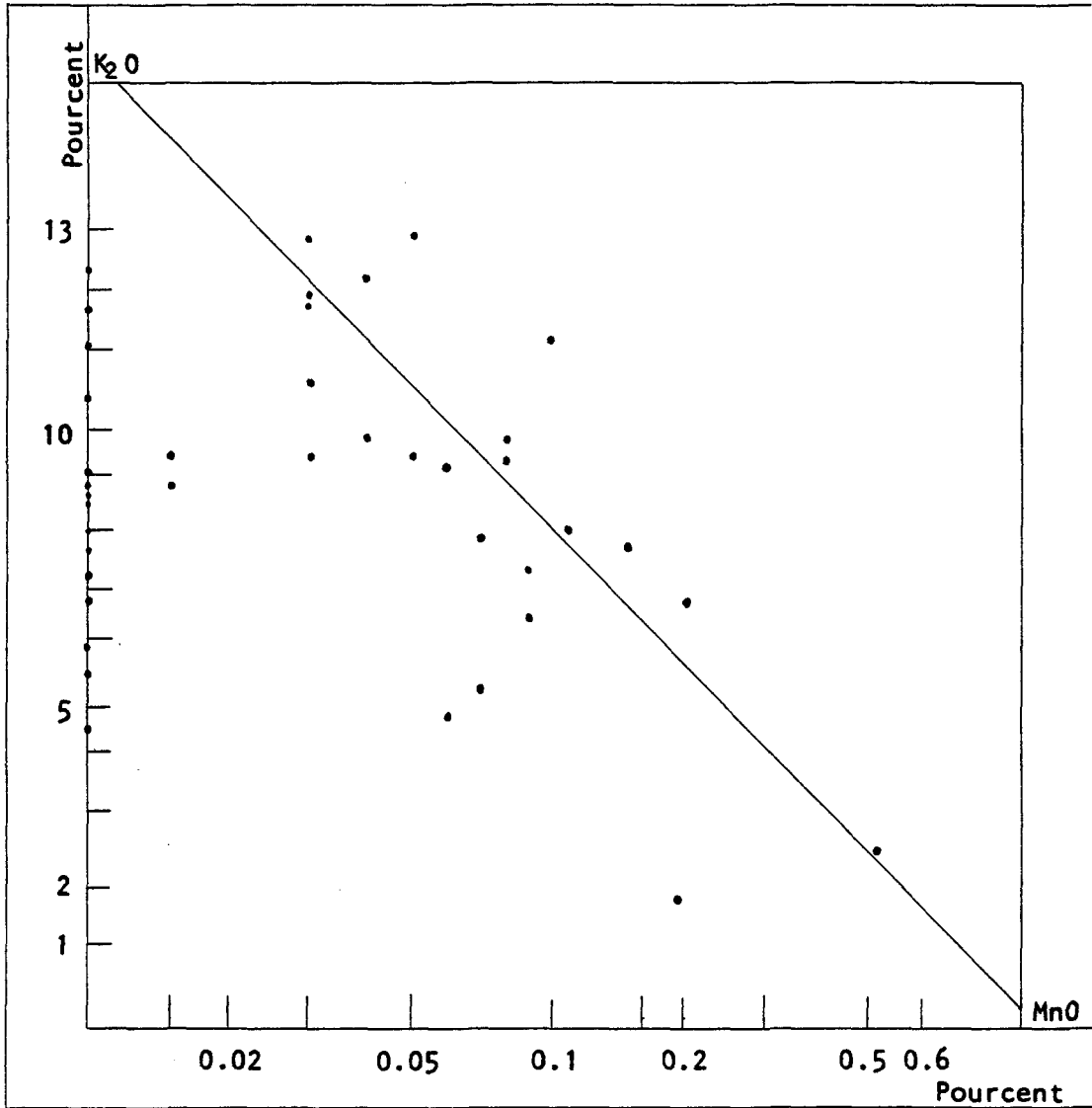


FIGURE 25. Diagramme de corrélation entre K₂O et MnO.

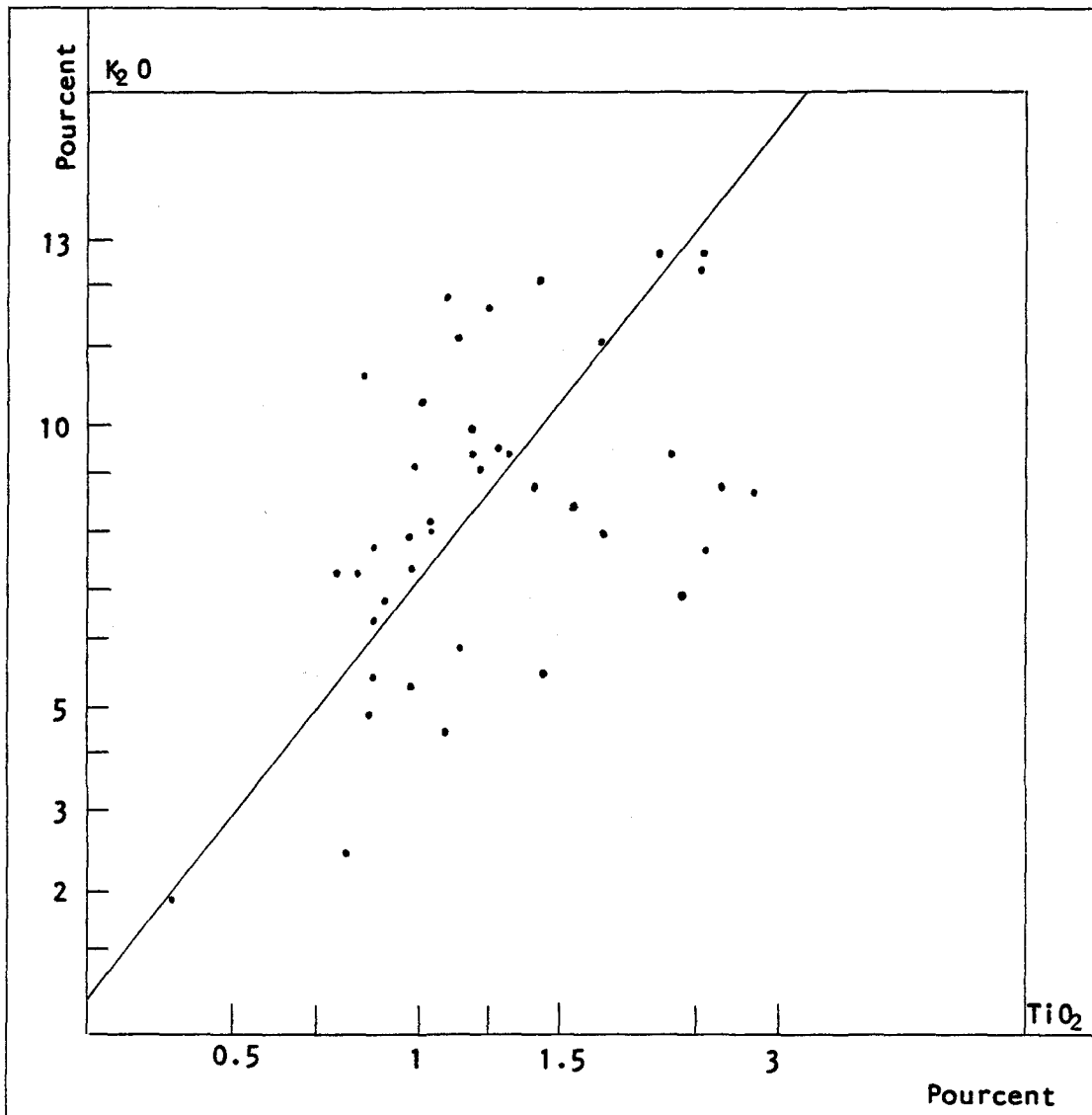


FIGURE 26. Diagramme de corrélation entre K_2O et TiO_2 .

d'environ 7.65 pour cent de matières organiques. Les matières organiques dans les shales noirs de McArthur (Australie) varient de 1 à 6 pour cent et même plus dans les couches minéralisées (Lambert et Scott, 1973). Dans les shales noirs Kewenawen de Nonesuch au Michigan (Chaudhari et Faure, 1967), le contenu en matières organiques est plus faible avec une moyenne de 0.4 pour cent (Vine et Tourtelot, 1970).

Si les teneurs dans les shales noirs de Mistassini et de McArthur sont comparables, il reste qu'elles sont beaucoup plus élevées que dans les shales de Nonesuch. De plus, les shales noirs de Mistassini se caractérisent par l'homogénéité relative de leur contenu en matières organiques.

Eléments traces

Les variations des éléments traces à travers la stratigraphie (Fig. 21) ne révèlent pas d'horizons particulièrement enrichis en métaux de base. Nous observons cependant, dans le shale S5 un enrichissement relatif en ces métaux du sommet à la base de la couche.

Du N au S du bassin, nous n'observons pas non plus d'enrichissement significatif dans les divers horizons.

Histogrammes

Les concentrations des éléments traces dans les shales noirs de Mistassini sont comparables aux autres dépôts de shales noirs et des roches

FIGURE 27. HISTOGRAMMES.

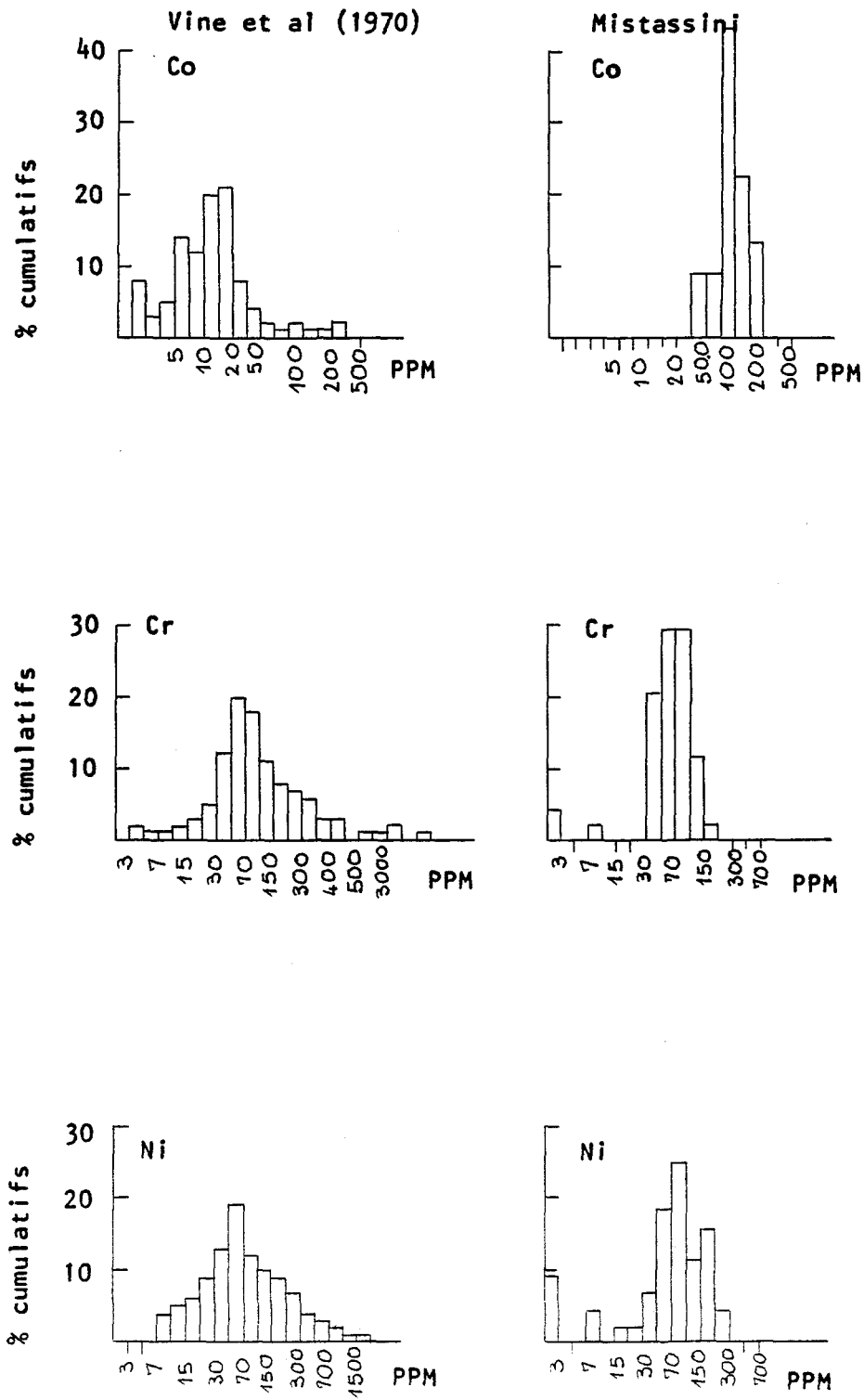


FIGURE 27 (suite). HISTOGRAMMES

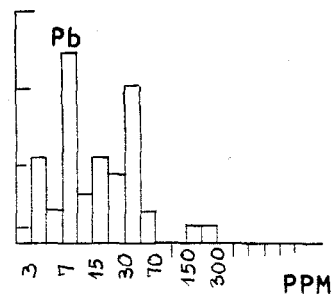
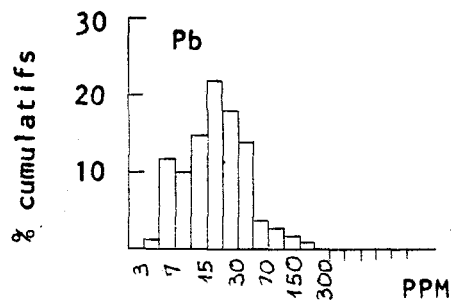
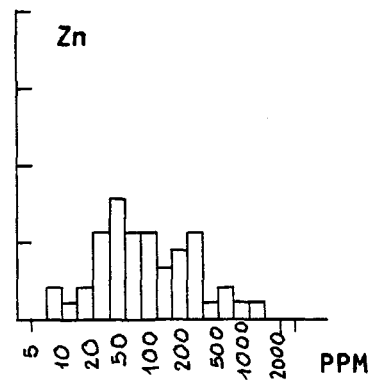
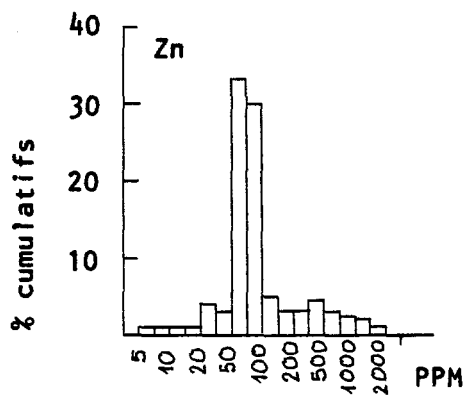
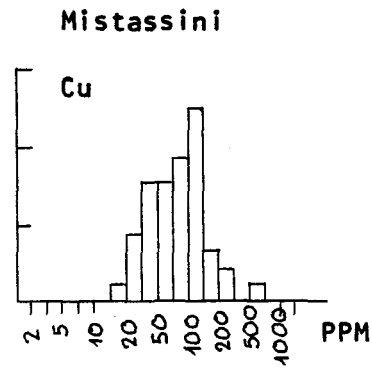
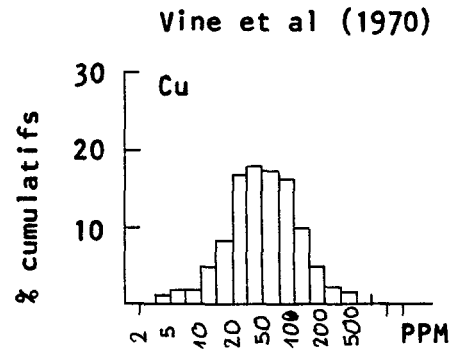
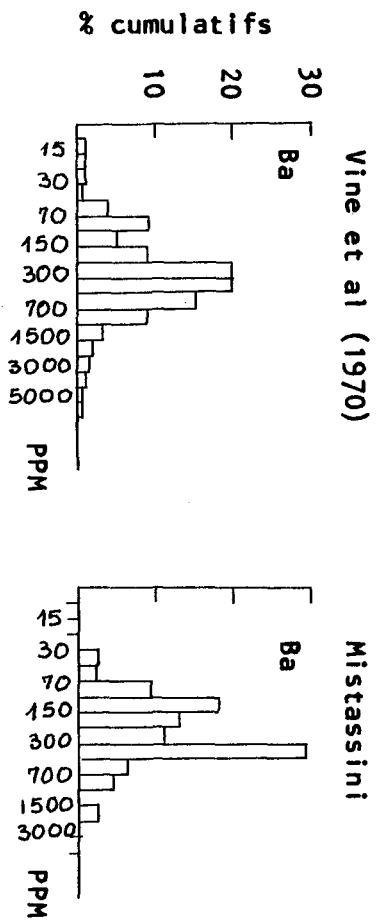


FIGURE 27 (suite). HISTOGRAMMES



carbonatées associées. Si l'on compare les histogrammes des éléments mineurs dans les shales noirs du membre inférieur de la Formation d'Albanel avec ceux des vingt dépôts combinés de shales noirs (Vine et Tourtelot, 1970), il s'en dégage une certaine uniformité (Fig. 27), sauf en ce qui concerne le zinc, le cobalt et le nickel. La distribution du zinc est plus étendue que dans les autres shales noirs. Nous observons un enrichissement relatif du cobalt, et dans une moindre mesure du nickel dans le bassin de Mistassini.

Facteurs d'enrichissement

Le tableau VI compare entre autres les valeurs moyennes des éléments traces dans les shales de Nonesuch et de Mistassini avec les moyennes des shales noirs et des shales en général. Les valeurs sont pratiquement comparables sauf que le plomb et le cobalt sont anormalement élevés respectivement dans les shales de Nonesuch et de Mistassini. Les deux dernières colonnes donnent les facteurs d'enrichissement pour chaque élément trace.

Par définition, le facteur d'enrichissement est le rapport de la valeur moyenne d'un élément sur l'abondance crustale de cet élément (Krauskopf, 1955). Les facteurs d'enrichissement sont comparables dans les deux cas. Les écarts notables se trouvent dans les shales de Nonesuch et de Mistassini.

Si l'on définit le facteur d'enrichissement total comme étant la

TABLEAU: VI. FACTEURS D'ENRICHISSEMENT

Élément	Abondance crustale	Moyenne shales noirs (Vine et Tourtelot, 1970).	Moyenne shales noirs de Nonesuch (Vine et Tourtelot, 1969).	Moyenne shales noirs de Mistassini	Moyenne des shales (Turkean et Wedephol, 1961).	Facteurs d'enrichissement Shale de Nonesuch	Facteurs d'enrichissement Shale de Mistassini
Cu	70	70	120	80	45	1.71	1.14
Zn	130	<300	79	80	95	0.60	0.61
Pb	16	20	110	15	20	6.87	0.93
Ni	80	50	27	80	68	0.33	1
Co	23	10	17	140	19	0.73	6.08
Cr	200	100	52	65	90	0.26	0.32
Ba	250	300	570	260	580	2.28	1.04
Facteurs d'enrichissement total						12.78	11.12

somme des facteurs d'enrichissement, nous n'avons pas de différence essentielle entre les deux régions.

Indices d'enrichissement

Une définition satisfaisante des shales noirs riches en métaux devait tenir compte du fait que certains éléments mineurs ont des éventails de valeurs, donc des dispersions plus larges que d'autres. Avec des données aussi regroupées ou peu étendues, cela peu aisément se faire en sélectionnant les valeurs au sommet de l'éventail, par exemple à partir des 95 pour cents cumulatifs. Les données utilisées ici sont assez regroupées ou peu étendues, si bien que ce pourcentage peut tomber dans un intervalle de classe qui inclut bien plus que 5 pour cent des échantillons. Cependant, pour des fins de comparaison, nous utiliserons la définition de Vine et Tourtelot (1970) des shales noirs riches en métaux: un shale noir est défini comme étant riche en métal si l'échantillon se trouve au delà de l'intervalle de classe qui comprend les 90 pour cent cumulatifs. Le milieu de cet intervalle de classe indique la valeur d'enrichissement minimum pour cet élément. Le pourcentage d'échantillons enrichis est appelé indice d'enrichissement. Cet indice reflète l'enrichissement en éléments mineurs des dépôts de shales comme illustré dans le Tableau VII.

Les indices d'enrichissement varient de 0 à 254. Mais la comparaison la plus intéressante est celle des dépôts de Nonesuch (16) et de Mistassini (21). Par rapport aux éléments qui nous intéressent ici, le shale de Nonesuch est plus enrichi avec un indice de 27.

TABLEAU: VII INDICE D'ENRICHISSEMENT

Elément	90 pourcent cummulatif pour 20 dépôts de shales	Enrichissement minimum	90 pourcent cummulatif Formation d'Albanel	Enrichissement minimum	Pourcentage d'échantillons enrichis dans chaque dépôt										
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Cu	150	200	175	275			22	9		14				71	19
Zn	1000	1500	500	625			32			56				22	11
Pb	70	100	45	60					13				7	10	21
Ni	200	300	230	412			57			23				69	
Co	20	30	250	425						29				82	15
Cr	500	700	110	185						77					
Ba	700	1000	670	900			59								
Indices d'enrichissement							170	9	13	199			7	254	66

TABLEAU: VII (Suite) INDICE D'ENRICHISSEMENT

Élément	90 pourcent cummulatif pour 20 dépôts de shales	Enrichissement minimum	90 pourcent cummulatif Formation d'Albanel	Enrichissement minimum	Pourcentage d'échantillons enrichis dans chaque dépôt										
					12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
Cu	150	200	175	275											7
Zn	1000	1500	500	625				18	35		5				7
Pb	70	100	45	60									14		7
Ni	200	300	230	412			5	7	60						3
Co	20	30	250	425	7	6									
Cr	500	700	110	185			31								
Ba	700	1000	670	900	13	9			10	14	5	7			3
Indices d'enrichissement					20	75	36	25	105	14	10	7	14		27

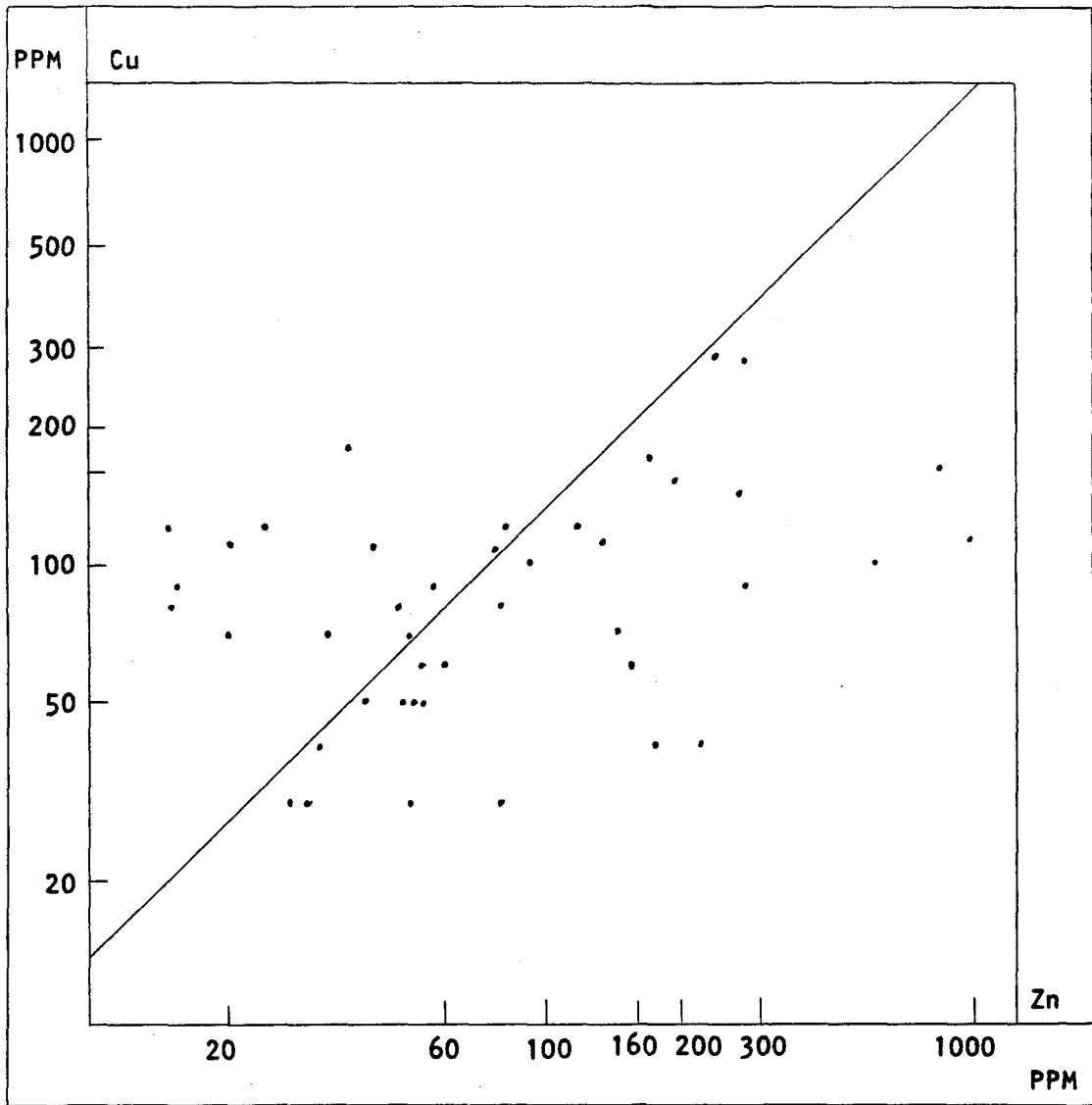


FIGURE 28. Diagramme de corrélation entre Cu et Zn.

Parmi les modes de comparaison utilisés jusqu'ici, histogrammes, facteurs d'enrichissement, indice d'enrichissement, le dernier se révèle comme étant le plus efficace pour la différenciation sinon entre les dépôts de shales noirs du moins entre les shales de Nonesuch et de Mistassini.

Corrélations impliquant les éléments traces

Parmi les éléments traces, l'association cuivre-zinc est la plus évidente (Fig. 28). Par ailleurs la somme des concentrations de cuivre, zinc, plomb d'une part et de nickel, cobalt, chrome d'autre part ont une corrélation positive (Fig. 29). Cela suppose que l'enrichissement des sédiments en ces deux groupes de métaux s'est produit de façon équivalente, leur source étant probablement identique.

Quant à la corrélation positive qui existe entre la somme des concentrations de cuivre, zinc et plomb d'une part et le contenu en matières organiques d'autre part (Fig. 30) elle suggère un rôle important des matières organiques dans la concentration des métaux. Ce rôle des matières organiques, milieu réducteur par excellence, a déjà été souligné par plusieurs auteurs dont Stanton (1972).

Nos échantillons proviennent de l'unité B, soit à au moins 500 m des indices de minéralisation qui se situent dans l'unité D (Bélangier, 1973). Il est intéressant de comparer les rapports zinc - plomb de nos échantillons (Fig. 31) avec ceux dans le bassin de Kupferschiefer en Allemagne (Hevreillat, 1969) qui sont pris de façon semblable assez loin de la minéralisation (2 km).

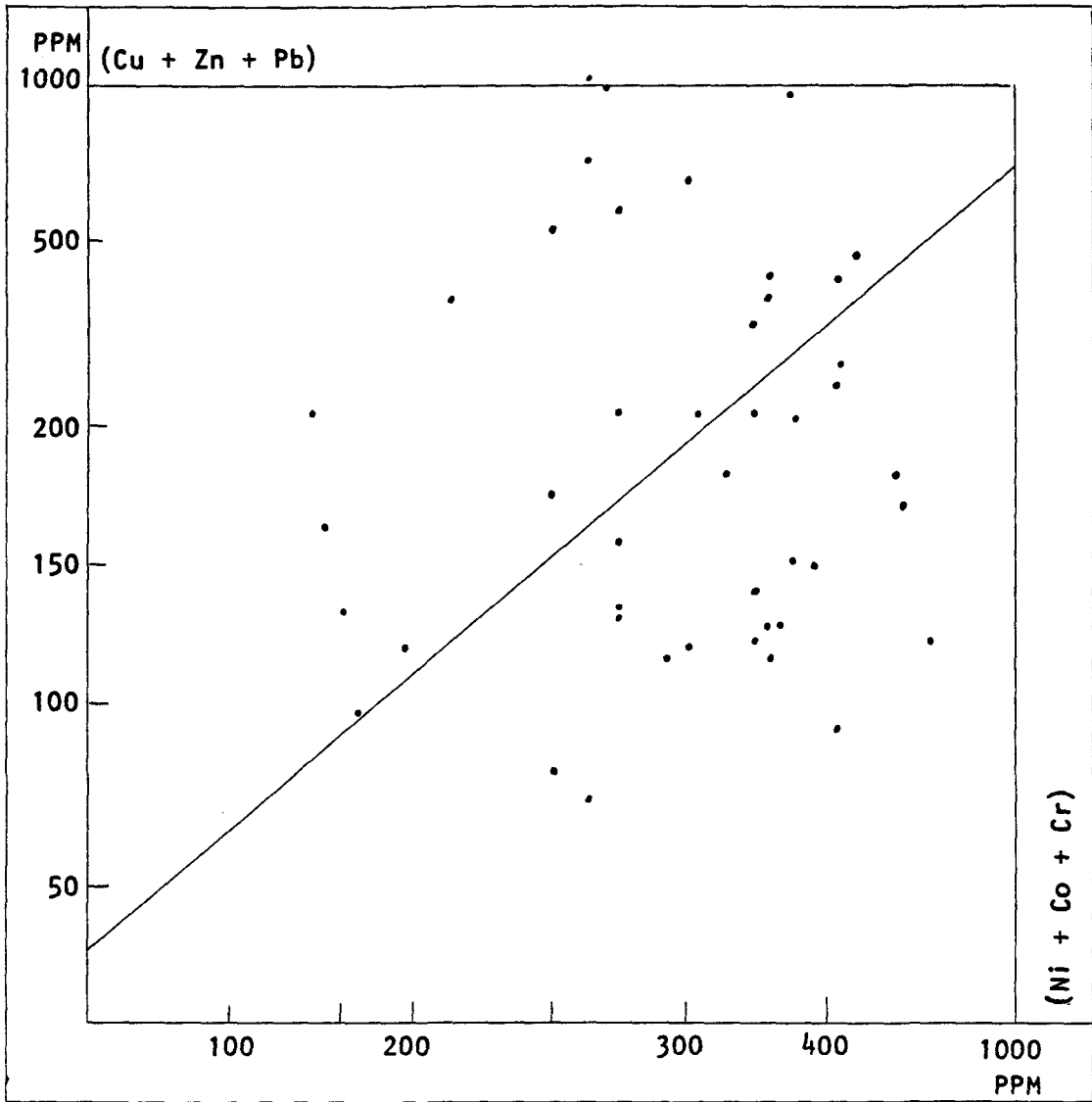


FIGURE 29. Diagramme de corrélation entre (Cu + Zn + Pb) et (Ni + Co + Cr).

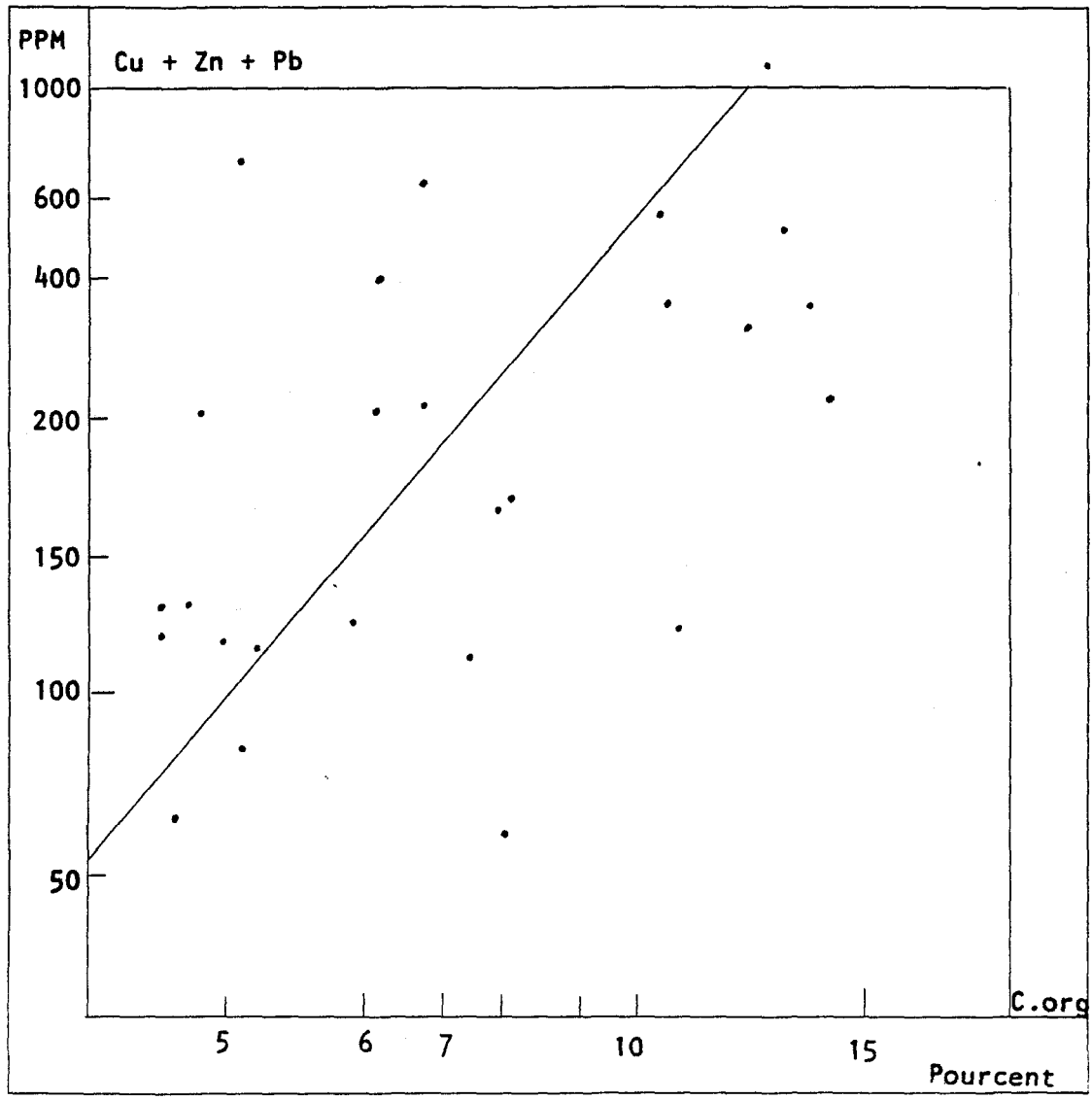


FIGURE 30. Diagramme de corrélation entre Cu + Zn + Pb et C. organique.

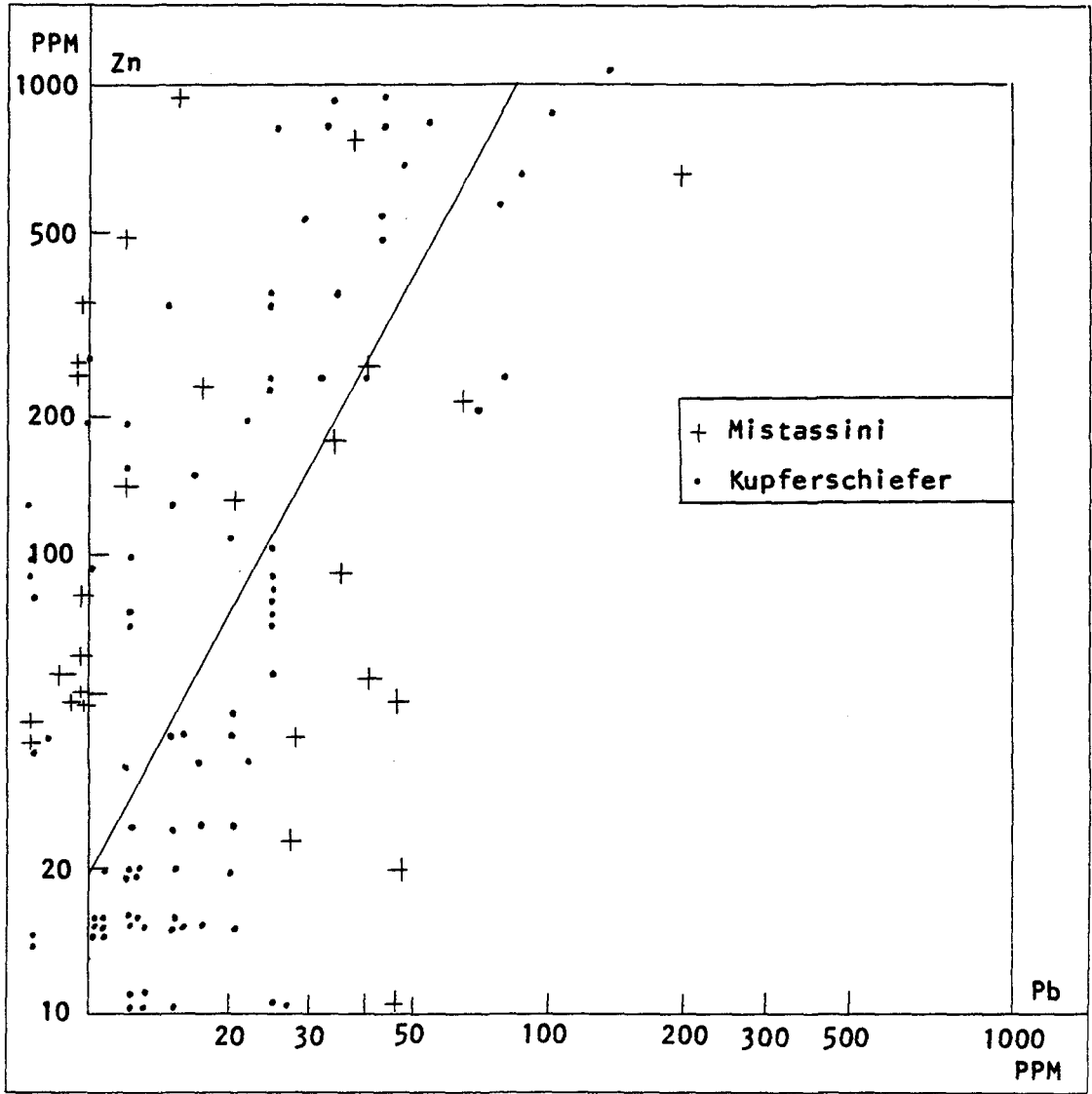


FIGURE 31. Diagramme de corrélation entre Zn et Pb.

Bien que les shales noirs de Kupferschiefer soient plus enrichis que ceux de Mistassini, les corrélations dans les deux cas se comparent avantageusement.

DISCUSSION

Source des métaux

Globalement, l'enrichissement en métaux lourds de nos shales est comparable aux autres dépôts de shales étudiés par Vine et Tourtelot (1970). L'enrichissement en métaux peut être relié soit à la sédimentation, soit à l'activité des solutions allochtones. Il peut être qualifié, en relation avec la période de mise en place de syngénétique, diagénétique ou épigénétique. L'enrichissement diagénétique est dominé par l'activité des solutions allochtones. Dans le cas des shales noirs, un problème de redistribution des métaux dans les diverses couches se pose. La source épigénétique des métaux contenus dans les shales noirs ne peut sérieusement être envisagée que dans le cadre de l'enrichissement de l'eau de mer par des fluides exhalatifs, et ce, pendant le dépôt. Cela nous ramène à la syngénèse.

L'enrichissement syngénétique à partir de l'eau de mer normale nécessite des valeurs d'enrichissement élevées. D'après Vine et Tourtelot (1970), l'enrichissement syngénétique requière une concentration préalable de métaux dans l'eau de mer. Plusieurs fluides riches en métaux ont été rapportés dans les profondeurs de la mer route (Miller et al, 1966). Un environnement hypersalin peut aussi causer des concentrations anormalement élevées (Davidson, 1964).

Les ions des métaux de base sont initialement fixés sur les sédiments marins par précipitation directe sous forme de sulfures dans les shales noirs, mais aussi par adsorption sur les argiles et les matières organiques, et les oxydes de fer et de manganèse hydratés.

La précipitation invoque la formation de composé insoluble par deux types d'ions. La plupart des cations métalliques peuvent former des composés insolubles avec d'autres ions en présence, de sorte que la précipitation directe peut être un facteur d'enrichissement dans les sédiments. Ce processus d'enrichissement se révèle cependant beaucoup moins important que l'adsorption et le processus organique (Krauskopf, 1955).

Des ions métalliques en solution, en présence d'anions ne formant pas de précipités avec eux peuvent être fixés dans les sédiments par adsorption. Les oxydes de fer et de manganèse ont une forte tendance à adsorber les éléments avec lesquels ils sont en contact. Boyle et al (1966) pensent que la forte capacité d'adsorption des hydroxydes de fer et de manganèse est à la base des concentrations élevées de métaux de base dans les sédiments de drainage du comté de Bathurst - Jacquet au Nouveau-Brunswick.

Les matières organiques sont aussi un facteur important dans l'adsorption de certains éléments. Le mécanisme par lequel les matières organiques adsorbent ou se combinent avec les métaux est complexe et relève de la chimie organo-métallique.

L'adsorption peut se faire également par les minéraux d'argile, le mécanisme étant basé sur l'échange primaire des cations. Quoique les alcalis soient préférentiellement adsorbés par les minéraux d'argile, il est permis de croire que les métaux hydromorphiquement dispersés seront adsorbés par les sédiments à grains fins. Les argiles représentent eux-mêmes un site favorable pour les métaux adsorbés, mais aussi, l'adsorption peut avoir lieu à l'interface solide liquide.

Mason (1966) nous résume les principes généraux qui président à l'adsorption:

Le taux d'adsorption croît à mesure que la taille des grains de l'adsorbant décroît et que leurs surfaces augmentent. La quantité de substance adsorbée d'une solution croît avec la concentration dans cette solution.

Les ions à forte valence sont adsorbés plus rapidement que ceux à faible valence.

La présence tant de fer (mais beaucoup moins de manganèse), de matières organiques que de minéraux d'argile dans nos échantillons, nous permet de croire que l'adsorption a joué un rôle important dans l'enrichissement des shales noirs de Mistassini en métaux.

Les concentrations de métaux de base dans les shales noirs de Mistassini sont normales comparativement aux autres dépôts de shales noirs d'Amérique du Nord. La source syngénétique des éléments mineurs peut être considérée à ce titre comme suffisant.

L'enrichissement vers la base du shale S5 en minéraux d'argile, en matières organiques et en métaux de base est conforme à l'enrichissement syngénétique.

Origine de la minéralisation

Des indices de minéralisations constitués de galène, sphalérite et pyrite dans des proportions variables se retrouvent dans la dolomie de l'unité D (Bélanger, 1973). Le contexte structural de ceux-ci est d'une part l'intersection des failles EW et NS et d'autre part les fractures à la charnière des plis près des zones de failles. Quelle est la source de ces minéralisations?

Carpenter et al (1974) ont étudié les fluides riches en métaux dans les champs pétrolifères du Mississippi Central. Ils arrivent à la conclusion que les fluides proviennent des interstices des sédiments à la base du bassin. La montée des fluides s'est effectuée sous le poids des sédiments plus jeunes. Selon ces mêmes auteurs, les fluides se sont enrichis en métaux en traversant les couches de shale noir.

L'enrichissement des fluides interstitiels en métaux peut s'opérer pendant la dolomitisation. Selon Roberts (1973), les conditions d'évaporation et de croissance accélérée de matériels algaires résultent en une copré-
cipitation saisonnière de plomb et de zinc avec les précurseurs de la dolomite (aragonite et calcite - Mg). Pendant la diagénèse primaire, ces matériaux sont complètement désagrégés et les produits de cette désagrégation forment des complexes avec les ions laissés en solution dans les fluides

interstitiels, et ce, pendant la dolomitisation des carbonates. Quoiqu'il en soit, le produit final de la dolomitisation, la dolomite, ne peut accommoder les ions de métaux de base légués par ses précurseurs dans ces structures (Roberts, 1973). Ces ions sont alors relégués dans les fluides interstitiels. Durant la compaction, les fluides riches en métaux sont transportés et il y a précipitation des complexes devenus instables.

Ces deux hypothèses qui font appel aux fluides interstitiels ne peuvent intervenir que pendant le dépôt et la compaction des sédiments. La relation intime entre la minéralisation et les failles qui sont franchement postérieures à la consolidation des sédiments nous amène à constater l'inapplicabilité des modèles de Carpenter et al et de Roberts.

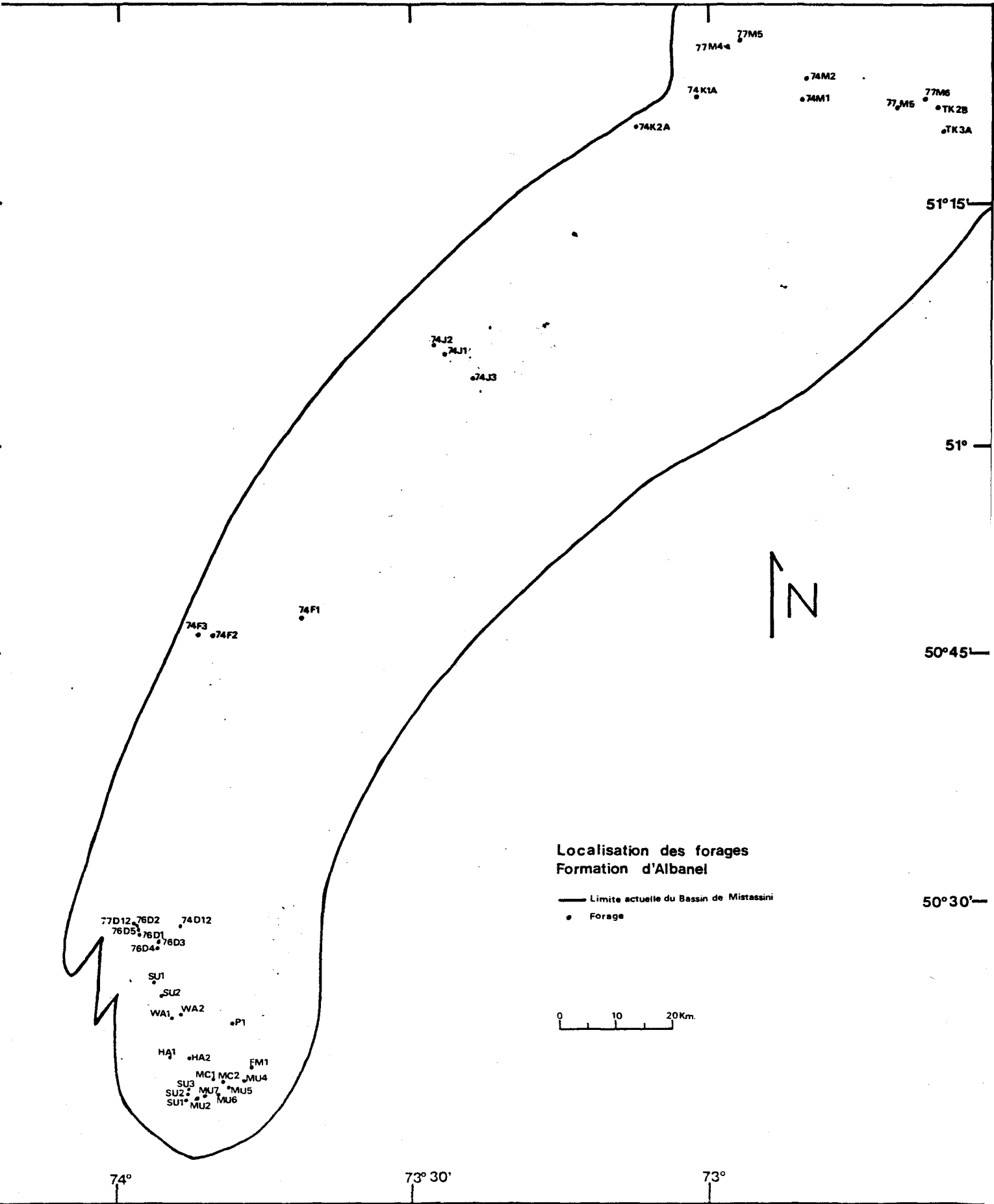
Examinons l'hypothèse de Kerr (1977) sur la source des ions métalliques pour la minéralisation de plomb - zinc de Cornwallis dans la région centrale de l'Arctique canadien. L'auteur suggère deux sources distinctes pour les ions métalliques et le soufre. Les fluides riches en métaux et provenant du socle précambrien sont prélevés le long des failles et montent à la faveur de ces structures. Ces fluides se combinent avec le soufre dans les sédiments pour précipiter les sulfures. Le contexte structural dans lequel nous retrouvons les minéralisations dans le bassin de Mistassini favorise une telle hypothèse.

L'influence du socle précambrien a également été évoqué par Kisvarsanyi (1977) pour les minéralisations de Pb - Zn - Cu du type stratabound au SE du Missouri. De façon semblable, les fluides provenant du

socle précambrien s'enrichissent en métaux de base par lessivage des roches ignées et montent le long des structures favorables.

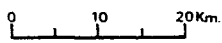
APPENDICE 1

Localisation des forages



**Localisation des forages
Formation d'Albanel**

— Limite actuelle du Bassin de Mistassini
• Forage



74°

73° 30'

73°

51°15'

51°

50°45'

50°30'

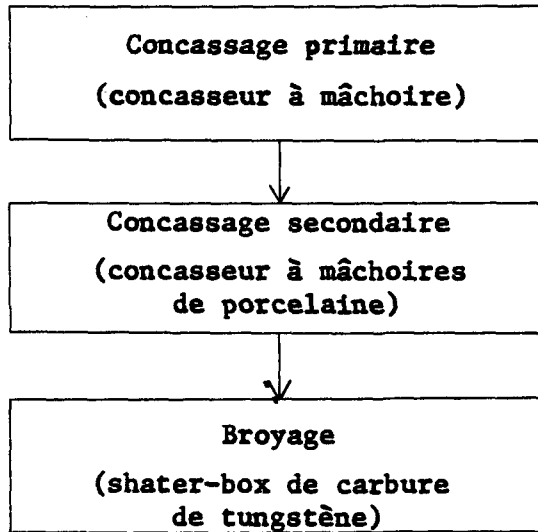
APPENDICE 2

Préparation des échantillons

Conditions d'analyses

et compositions chimiques des shales noirs

Préparation des échantillons
pour analyse par absorption atomique



Mise en solution

- On utilise 0.1 g. d'échantillon pour 0.6 g. de métaborate
- Fusion à 1000°C pendant 20 mn.
- Solidification dans 20 ml d'eau distillée déminéralisée
- Addition de 5 ml de HCl concentré
- Chauffage jusqu'à dissolution des sels
- Dilution à 100 ml avec de l'eau distillée déminéralisée
- La solution ainsi obtenue est prête pour l'analyse par absorption atomique Perkin - Elmer modèle 603
- Pour le Zn et le Pb, mise en solution par la méthode SeS - Al2 de Guimont et Pichette, 1977, ministère des richesses naturelles du Québec.

TABLEAU I. Conditions d'analyse des éléments par absorption atomique

	Fe (Tot)	Mg ⁺⁺	Ca ⁺⁺	Mn ⁺⁺	Ti ⁴⁺	Na ⁺	Al ³⁺	Si ⁴⁺
Flamme	C ₂ H ₂ + Air	C ₂ H ₂ + Air	C ₂ H ₂ + Air	C ₂ H ₂ + Air	C ₂ H ₂ + Air	C ₂ H ₂ + Air	C ₂ H ₂ + Air	C ₂ H ₂ + N ₂ O
Correction bruit de fond	oui	oui	oui	oui	non	oui	oui	oui
Lampe	30 mA	6 mA	10 mA	10 mA	40 mA	4 mA	10 mA	40 mA
Longueur d'onde	248 μm	285 μm	211 μm	279 μm	365 μm	295 μm	309 μm	252 μm
Filtre	U.V	U.V	VIS	U.V	U.V	VIS	U.V	U.V
Intégration	2 sec.	3 sec.	5 sec.	2 sec.	2 sec.	2 sec.	2 sec.	2 sec.
Standards	3 ppm 7 ppm Ech. dilué 1 dans 10	0.3 ppm 1 ppm 15 ppm Ech. dilué 1 dans 10	3 ppm 10 ppm 30 ppm Ech. dilué 1 dans 10	1 ppm 3 ppm 5 ppm Ech. dilué 1 dans 10	10 ppm 20 ppm Ech. dilué 1 dans 10	0.5 ppm 1 ppm 2 ppm Ech. dilué 1 dans 10	25 ppm 50 ppm 100 ppm	50 ppm 200 ppm 500 ppm
Decomplexant	-	1000 ppm de Lanthane	1000 ppm de Lanthane	-	-	1000 ppm de Lanthane	-	-

TABLEAU 1 (SUITE) CONDITIONS D'ANALYSE DES ÉLÉMENTS
par absorption atomique

	K +	Cu	Zn	Pb	Ni	Co	Cr	Ba
Flamme	C ₂ H ₂ + Air	C ₂ H ₂ + Air	C ₂ H ₂ + Air	C ₂ H ₂ + Air	C ₂ H ₂ + Air	C ₂ H ₂ + Air	C ₂ H ₂ + Air Rich-yellow	C ₂ H ₂ + N ₂ O Rich-red
Correction bruit de fond	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	non
Lampe	12 mA	10 mA	15 mA	12 mA	25 mA	30 mA	10 mA	25 mA
Longueur d'onde	383 μm	325 μm	214 μm	217 μm	232 μm	241 μm	358 μm	278 μm
Filtre	VIS	U.V	U.V	U.V	U.V	U.V	U.V	VIS
Intégration	5 sec.	5 sec.	5 sec.	3 sec.	20 sec.	5 sec.	2 sec.	1 sec.
Standards	5 ppm 2 ppm 10 ppm Ech. dilué 1 dans 10	2 ppm 5 ppm	.4 ppm 2 ppm	5 ppm 10 ppm 20 ppm	0.2 ppm 2 ppm	0.2 ppm 1 ppm	0.2 ppm 2 ppm	5 ppm 20 ppm
Décomplexant	1000 ppm de Lanthane	-	-	-	-	-	-	2000 ppm de Lanthane

TABLEAU II a. Analyses chimiques des shales noirs du forage 76-D2 de la Fm. d'Albanel

Position stratigraphique	Numéro d'échantillon	Eléments majeurs en pourcentages d'oxydes										Eléments traces en PPM						
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	MnO	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	Total	Cu	Zn	Pb	Ni	Co	Cr	Ba
—	145	62.82	13.00	0.00	4.90	7.39	3.28	1.64	5.83	1.12	99.99	90	274	49	210	160	40	87
—	146	67.72	13.36	0.00	2.98	3.88	2.17	1.81	7.30	0.76	99.98	30	26	4	70	150	40	137
—	148	70.93	16.91	0.00	1.89	1.97	1.39	0.66	5.45	0.80	100.00	50	48	25	110	170	80	137
—	155	74.16	11.55	0.00	2.79	1.09	1.16	1.23	7.35	0.67	100.00	100	92	36	60	120	90	387
—	156	69.00	17.78	0.00	2.75	2.15	0.72	0.72	5.46	1.42	100.00	40	226	66	70	210	60	187

TABLEAU II b. Analyses chimiques des shales noirs du forage 76-D3 de la Fm. d'Albanel

Position stratigraphique	Numéro d'échantillon	Eléments majeurs en pourcentage d'oxydes										Eléments traces en PPM						
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	MnO	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	Total	Cu	Zn	Pb	Ni	Co	Cr	Ba
—	161	65.92	13.60	0.00	3.64	4.79	1.68	1.23	8.05	1.07	99.98	50	54	8	150	130	70	137
—	163	66.11	14.50	0.00	2.94	2.90	1.09	1.15	10.31	1.00	100.00	80	80	9	100	150	0.00	137
—	165	60.12	17.59	0.00	3.70	3.08	1.09	1.63	11.59	1.20	100.00	120	118	9	150	180	80	137
—	173	71.24	11.94	0.00	2.48	1.80	0.83	0.83	8.61	2.25	99.98	520	700	220	70	130	60	625
—	174	71.49	11.83	0.00	3.77	2.66	0.00	0.74	8.06	1.63	99.98	170	170	34	100	60	50	337

TABLEAU II c. Analyses chimiques des shales noirs du forage 74-M1 de la Fm d'Albanel

Position stratigraphique	Numéro d'échantillon	Eléments majeurs en pourcentage d'oxydes										Eléments traces en PPM						
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	MnO	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	Total	Cu	Zn	Pb	Ni	Co	Cr	Ba
— — — — —	121	59.08	11.11	0.15	3.02	10.66	7.11	0.83	7.75	0.98	99.99	60	54	0.0	70	190	40	250
	122	65.42	14.67	0.03	2.43	2.90	1.08	0.48	11.88	1.08	99.99	60	158	6	110	190	110	412
	123	56.47	10.99	0.20	4.24	11.37	8.94	0.27	6.67	0.84	99.99	70	50	8	0.0	110	40	500
	127	73.06	10.88	0.03	4.27	0.77	0.25	0.25	9.30	1.15	99.96	110	20	47	10	230	80	750
	128	72.21	10.96	0.01	4.85	1.08	0.00	0.27	9.36	1.22	99.96	80	10	46	70	200	70	750

TABLEAU II d. Analyses chimiques des shales noirs du forage 74-D2 de la Fm. d'Albanel

Position stratigraphique	Numéro d'échantillon	Eléments majeurs en pourcentage d'oxydes										Eléments traces en PPM						
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	MnO	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	Total	Cu	Zn	Pb	Ni	Co	Cr	Ba
—	63	68.00	13.69	0.07	3.20	3.99	2.96	1.88	5.25	0.95	99.97	120	82	8	100	180	60	112
—	64	65.03	14.97	0.00	3.98	3.83	1.56	1.92	6.77	1.94	100.00	60	60	8	90	130	50	150
—	65	63.71	16.94	0.00	3.43	3.67	0.00	2.05	9.03	1.17	100.00	280	280	8	90	130	50	200
—	78	63.26	15.11	0.00	2.25	2.89	2.73	2.36	8.78	2.60	99.99	50	40	27	50	220	70	362
—	79	72.07	12.01	0.00	2.18	0.94	0.78	2.00	8.47	1.54	99.99	280	240	18	100	80	70	237
—	80	75.16	11.22	0.00	1.87	2.28	2.28	1.63	4.49	1.07	100.01	110	78	560	70	140	50	250

TABLEAU II e. Analyses chimiques des shales noirs du forage 74-D1 de la Fm. d'Albanel

Position stratigraphique	Numéro d'échantillon	Eléments majeurs en pourcentage d'oxydes										Eléments traces en PPM						
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	MnO	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	Total	Cu	Zn	Pb	Ni	Co	Cr	Ba
—	41	54.62	7.53	0.19	5.48	16.78	13.41	0.55	1.80	0.23	99.98	70	34	11	10	160	0.0	37
—	42	64.07	1.84	0.07	3.89	5.52	3.66	1.07	7.88	0.95	99.95	150	194	17	160	100	90	88
—	45	58.71	12.76	0.08	5.78	8.06	3.39	0.62	9.29	1.27	99.96	140	266	41	180	110	120	100
—	47	39.94	5.44	0.52	6.29	22.73	21.71	0.17	2.46	0.70	99.97	180	36	3	0.0	70	60	62.5
—	49	67.75	11.38	0.05	3.04	4.54	1.66	0.21	9.38	1.94	99.95	110	42	3	50	110	110	375
—	51	69.48	12.58	0.01	3.19	3.66	0.69	2.26	8.74	1.38	99.94	90	14	56	0.0	70	60	262

TABLEAU II f. Analyses chimiques des shales noirs du forage 77-D12 de la Fm. d'Albanel

Position stratigraphique	Numéro d'échantillon	Eléments majeurs en pourcentage d'oxydes										Eléments traces en PPM						
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	MnO	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	Total	Cu	Zn	Pb	Ni	Co	Cr	Ba
—	324	66.40	11.69	0.00	3.56	3.32	3.18	1.99	7.70	2.15	99.99	40	32	47	80	150	60	75
—	325	58.74	13.21	0.11	3.33	6.24	6.92	2.27	8.06	7.06	99.96	30	80	12	110	140	100	175
—	329	65.08	14.98	0.03	2.59	1.96	1.35	1.08	11.76	1.12	99.95	50	52	16	210	250	140	225
—	333	62.91	16.07	0.05	1.64	1.57	2.00	1.00	12.86	1.89	99.99	90	56	6	30	170	170	525
—	339	62.91	13.76	0.03	4.50	1.63	1.22	1.01	12.74	2.19	99.99	80	48	48	400	150	10	388
—	343	77.40	4.58	0.06	2.85	1.16	2.54	1.22	9.16	0.99	99.96	110	132	23	120	220	80	137

TABLEAU II g. Analyses chimiques des shales noirs du forage 77-M5 de la Fm. d'Albanel

Position stratigraphique	Numéro d'échantillon	Eléments majeurs en pourcentage d'oxydes										Eléments traces en PPM						
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	MnO	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	Total	Cu	Zn	Pb	Ni	Co	Cr	Ba
—	358	63.66	11.21	0.08	3.01	6.52	3.74	0.90	9.71	1.15	99.98	20	390	9	0.0	240	110	450
—	359	59.86	14.77	0.10	3.74	6.13	3.59	0.53	11.16	1.10	99.98	30	50	9	210	90	120	350
—	360	65.24	14.50	0.03	2.99	4.55	0.82	0.58	10.52	0.77	100.00	40	172	4	90	130	150	400
—	367	61.15	11.93	0.09	6.07	5.79	6.25	0.35	7.41	0.96	100.00	70	144	12	20	120	130	350

TABLEAU II h. Analyses chimiques des shales noirs du forage 74-J1 de la Fm. d'Albanel

Position stratigraphique	Numéro d'échantillon	Eléments majeurs en pourcentage d'oxydes										Eléments traces en PPM						
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	MnO	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	Total	Cu	Zn	Pb	Ni	Co	Cr	Ba
—	4	61.00	10.60	0.06	2.61	11.42	6.61	2.17	4.72	0.79	99.78	30	30	5	60	150	40	163
—	5	60.80	11.75	0.09	4.49	7.53	6.66	1.40	6.29	0.80	99.81	100	540	12	130	110	60	188
—	6	59.90	16.37	0.04	5.18	2.97	1.18	1.24	12.15	1.40	99.96	110	1080	16	230	70	70	325
—	8	63.90	13.75	0.04	3.01	4.95	2.36	0.78	9.77	1.36	99.92	70	20	9	50	0.0	110	512
—	16	65.81	14.20	0.03	3.51	2.61	0.57	0.59	0.84	0.81	99.97	120	10	19	190	110	80	425
—	20	68.72	12.47	0.00	4.63	0.77	0.36	0.38	11.01	1.62	99.96	150	840	38	140	170	60	96
—	24	57.08	18.40	0.00	3.98	5.22	0.52	0.39	12.31	2.06	99.96	120	24	27	430	80	80	2137

APPENDICE 3

Analyses thermiques

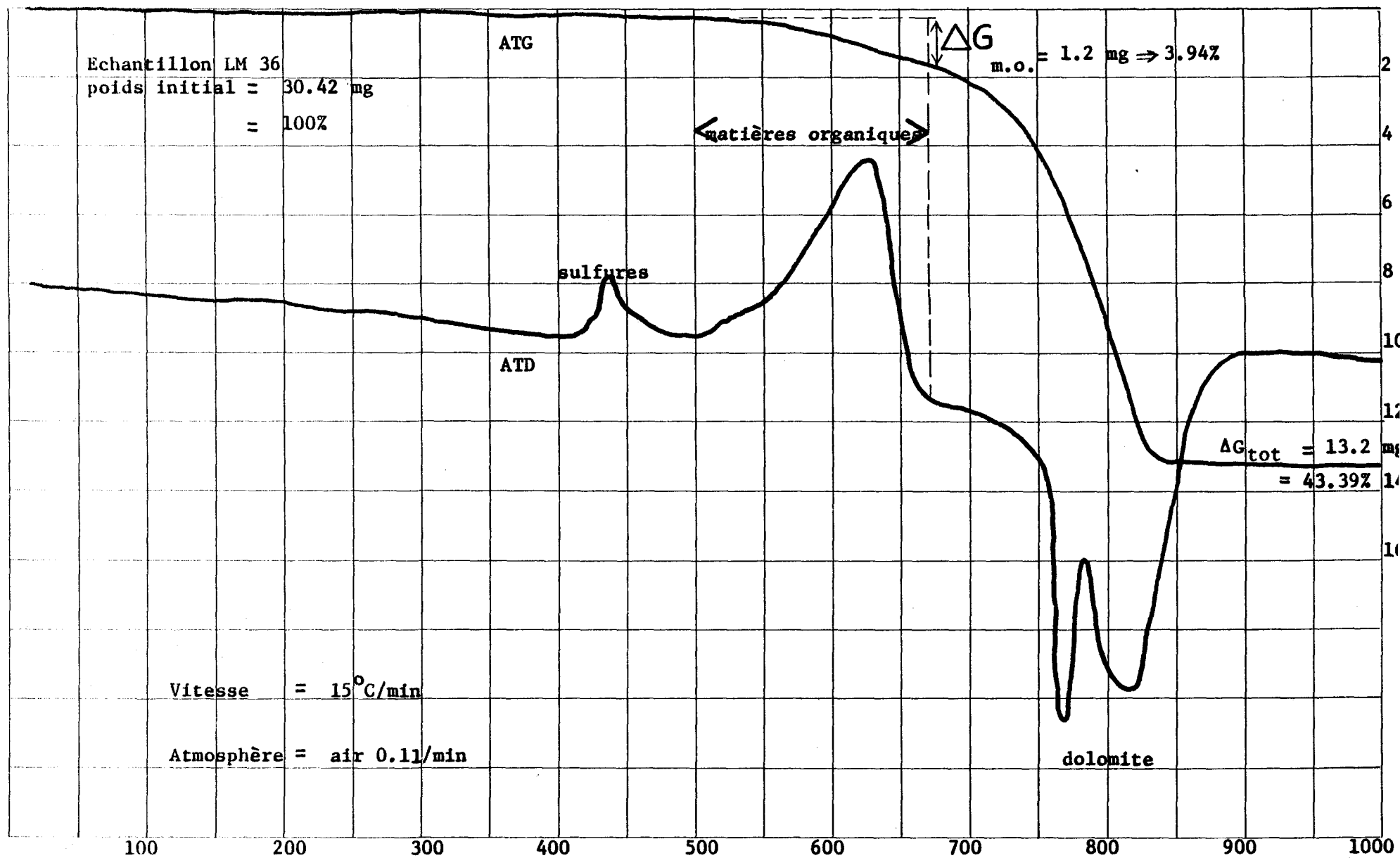


Figure 1. Thermogrammes types d'un échantillon pour la détermination de la perte au feu totale et des matières organiques (ATD - ATG)

Tableau 1. a. Pertes au feu totales et matières organiques
Forage 76.D3

Position stratigraphique	Numéro d'échantillon	Perte au feu totale %	Matières organiques %
	161	10.25	7.45
	163	9.99	8.09
	165	15.81	14.05
	173	14.44	12.97
	174	15.36	13.56

Tableau 1. b. Pertes au feu totales et matières organiques
Forage 74-D1

Position stratigraphique	Numéro d'échantillon	Perte au feu totale %	Matières organiques %
—	41	18.81	4.60
—	42	15.39	10.72
—			
—			
—	51	7.9	6.6

Tableau 1. c. Pertes au feu totales et matières organiques
Forage 77-M5

Position stratigraphique	Numéro d'échantillon	Perte au feu totale %	Matières organiques %
—	358	11.19	6.13
—	359	9.46	5.14
—			
—			
—			
—			

Tableau 1. d. Pertes au feu totales et matières organiques
Forage 74-M1

Position stratigraphique	Numéro d'échantillon	Perte au feu totale %	Matières organiques %
—	122	8.59	6.61
—	123	13.35	2.14
—			
—			
—			
—			
—			
—			
—			
—			
—			
—			

Tableau 1. e. Pertes au feu totales et matières organiques
Forage 74-J1

Position stratigraphique	Numéro d'échantillon	Perte au feu totale %	Matières organiques %
—	4	12.34	2.58
—	5	12.71	6.62
—	6	15.04	12.93
—			
—			
—			
—			
—			
—			
—			
—			
—			
—			

Tableau 1. f. Pertes au feu totales et matières organiques
Forage 76-D2

Position stratigraphique	Numéro d'échantillon	Perte au feu totale %	Matières organiques %
—	145	10.96	7.01
—	146	10.79	8.01
—	148	13.80	10.93
—			
—			
—			
—			
—			
—			
—			
—	155	8.22	6.35
—	156	14.83	12.47

Tableau 1. g. Pertes au feu totales et matières organiques
Forage 74-D2

Position stratigraphique	Numéro d'échantillon	Perte au feu totale %	Matières organiques %
—	63	7.18	3.9
	64	5.55	3.12
	65	12.58	10.45
—			
—			
—			
—	78	5.25	2.45
	79	14.35	13.33
	80	7.95	5.07

Tableau 1. h. Pertes au feu totales et matières organiques
Forage 77-D12

Position stratigraphique	Numéro d'échantillon	Perte au feu totale %	Matières organiques %
—	324	10.01	5.17
—	325	16.43	5.92
—			
—			
—			
—	343	9.44	7.81

Remerciements

Qu'il nous soit permis d'exprimer notre profonde gratitude à MM. les professeurs Caty, Chown, Guha et Nagy qui acceptèrent de diriger cette étude et qui n'ont cessé de prodiguer conseils et encouragements.

Nous devons également des remerciements à la S.D.B.J. (Société de Développement de la Baie de James), qui a bien voulu mettre à notre disposition matériels et documents nécessaires à cette étude.

Nous voulons exprimer notre gratitude aux professeurs, techniciens et employés des sciences de la terre, qui ont participé directement ou indirectement à ma formation scientifique durant ces six dernières années.

Qu'il me soit permis d'exprimer mes vifs remerciements au ministère des mines de la Côte d'Ivoire ainsi qu'au gouvernement du Québec qui m'ont permis de poursuivre des études supérieures aussi intéressantes.

Je tiens aussi à remercier particulièrement Mlle Lise Bluteau ainsi que sa famille pour leur soutien moral et leurs encouragements tout au long de ces travaux.

Bibliographie

- Barlow, A.E., Gwillim, J.C. et Faribault, E.R., 1911. Geology and mineral resources of the Chibougamau Region, Quebec. Dep. of Colon. Mines and Fish., Mines Branch, Quebec, pp. 131 - 133
- Bélanger, L., 1973. Etude des minéralisations de Plomb-Zinc dans le Bassin de Mistassini, Québec. Projet de fin d'études, Sc. de la terre, non publié. Université du Québec à Chicoutimi.
- Bergeron, R., 1957. Late Precambrian Rocks of the North Shore of St. Lawrence River and of the Mistassini and Otish Mountain Areas, Quebec; dans Gill, J.E., (ed.). The Proterozoic in Canada, Roy. Soc. Can., Spec. Publ. 2, pp. 124 - 131.
- Bischoff, J.L., 1969. Red Sea geothermal brine deposits: their mineralogy, chemistry and genesis dans, Degens, E.T. and Ross, D.A. (ed.), Hot brines and recent ore minerals; the Peacock Allas. Geol. Soc. Am. Mem., 85: 281 p.
- Boyle, R.W., Tupper, W.M., Lynch, J., Friedrich, G., Ziauddin, M., Shafiqullah, M., Carter, M. et Byrave, K., 1966. Geochemistry of Pb, Zn, Cu, As, Sb, Mo, Sn, W, Ag, Ni, Co, Cr, Ba and Mn in the waters and Stream sediments of the Bathurst - Jacquet River District, New-Brunswick. Geol. Surv. Can. Pap. 65 - 42.

Carpenter, A.B., Trout, M.L., et Pickett, E.E., 1974. Preliminary Report on the origin and chemical Evolution of Lead and zinc rich oil field brines in Central Mississippi.
Ec. Geol. Vol. 69 No. 8.

Caty, J.L. et Chown, E.H., 1973. Etude géologique de la région de la baie d'Abatagush, Min. Rich. Nat., Quebec, Documentation Publique, ms. non publié, 10 p.

Caty, J.L., 1976. Stratigraphie et Sédimentologie de la Formation de Papaskwasati de la Région du lac Mistassini, Quebec.
Min. Rich. Nat. DVP-423

Chaudhari, S. et Faure, G., 1967. Geochronology of the kewenawan rocks, White Pine, Michigan. Ec. Geol. V62 pp. 1011 - 1033.

Chown, E.H., 1960. La région de la rivière Papachouesati.
Min. Mines, Québec, Rap. Prel. no. 415, 10 p.

_____, 1971. Région de Tichégami
Min. Rich. Nat., Quebec, Rap. Geol. no. 144, 64 p.

Davidson, C.F., 1964. Uniformitarianism and ore genesis:
Mining. Mag., London. Vol. 110, no. 3 p. 176 - 185; no. 4,
p. 244 - 253.

- Deer, W.A., Howie, R.A., Zussman, J., 1962. **Rock Forming Minerals; Vol. 1 - 5, Longmans, London, 1788 p.**
- Deland, A.N. et Sater, G.S., 1967. **Région de Ducquet - Macouat. Québec. Min. Rich. Nat. R.G. no. 126.**
- Eriksson, K.A. et Truswell, J.F., 1974. **Tidal flat associations from a Lower Proterozoic carbonate sequence in South-Africa. Sedimentology, Vol. 21, pp. 293 - 309.**
- Eriksson, K.A., 1977. **Tidal flat and subtidal sedimentation in the 2250 m.y. Malmani dolomite, Transvaal, South-Africa. Sedim. Geol. Vol. 18 nos 113 pp. 223 - 244.**
- Evans, J.K., 1967. **Depositional environment of a Pennsylvanian black shale (Heebner), in Kansas and adjacent states. PhD thesis, Rice. Univ., 162 p.**
- Ferm, J.C., 1970. **Allegheny deltaic deposits, dans, Deltaic sedimentation; modern and ancient: SEPM. Spec. Publ. 15. pp. 246 - 255.**
- Galloway, W.E., and Brown, L.F., 1973. **Depositional systems and shelf-slope relations on cratonic bassin margin, uppermost Pennsylvanian of North-Central Texas: AAPG. Bull. Vol. 57, pp. 1185 - 1218.**

- Green, J., 1959. Geochemical table of the elements. Geol. Soc. Amer. Bull. Vol. 70, no. 9, pp. 1127 - 1183.
- Heckel, P.H., 1977. Origin of phosphatic black shale facies in Pennsylvanian cyclothems of Mid-Continent. N. America. AAPG. Bull. Vol. 61, no. 7, pp. 1045 - 1068.
- Herreillat, F.C., 1969. Geochemical Prospecting for Lead-Zinc stratiform deposits: nonlinear correlations between the content of soils and rocks in Lead and Zinc and their use in separating stratiform and hydrothermal deposits. Colorado School of Mine Quarterly. Vol. 64, no. 1, pp. 95 - 112
- Hofmann, H.J., 1978. New Stromatolites from the Aphebian Mistassini Group. Quebec. Can. J. of Earth. Sc. Vol. 15, no. 4, pp. 571 - 585.
- Kerr, J.Wm., 1977. Cornwallis Lead - zinc district; Mississippi Valley type deposits controlled by stratigraphy and tectonics. Can. J. Earth. Sc. Vol. 14, no. 6, pp. 1402 - 1426.
- Kisvarsanyi, G., 1977. The role of the precambrian igneous basement in the formation of the stratabound Lead-Zinc-Copper deposits in southeast Missouri. Ec. Geol. Vol. 72 no. 3 pp. 635 - 662.

- Krauskopf, K.B., 1955. Sedimentary deposits of rare metals,
in pt. 1 of Bateman, A.M., ed. Ec. Geol. 50th anniversary
vol. 1905 - 1955.
- Lambert, I.B. et Scott, K.M., 1973. Implications of geochemical
investigations of sedimentary rocks within and around the
McArthur Zn-Pb-Ag deposit. North - Territories (Aust.).
J. of Geoch. Expl. Vol. 2, no. 4 pp. 307 - 330.
- Levinson, A.A., 1974. Introduction to exploration geochemistry.
Applied, Publ. (Illinois).
- Low, A.P., 1886. Report of the Mistassini Expedition. 1884 - 1885.
Geol. Surv. Can., Ann. Rep. Vol. 1, part D. pp. 1 - 34.
- _____, 1906. Report on the Chibougamau Mining Region.
Geol. Surv. Can., publ. no. 923.
- Mason, B., 1966. Principles of Geochemistry. 3th ed. Willey.
- Miller, A.R., Densmore, C.D., Degens, E.T. Hathaway, J.C.,
Manheim, F.T., McFarlin, P.F., Pocklington, R., et Jokela, A., 1966.
Hot brines and recent iron deposits in deeps of the Red. Sea.
Geoch. Cosm. Acta. Vol. 30, no. 3, pp. 341 - 359.

- Moore, R.C., 1936. Stratigraphic classification of the
Pennsylvanian rocks of Kansas: Kansas. Geol. Surv. Bull.
22, 256 p.
- _____, 1949. Divisions of the Pennsylvanian System
in Kansas: Kansas. Geol. Surv. Bull. 83, 203 p.
- Moyer, P.T., 1960. Région de Guyon, territoire de Mistassini.
Ministère des Richesses Naturelles. R.P. no. 427.
- Neale, E.R.W., 1952. La région du lac Béthoulat.
Min. Mines, Québec. Rap. Prel. no. 264, 8 p.
- Neilson, J.M., 1951. Preliminary Report on the Takwa river
area. Min. Mines, Quebec. Rap. Prel. no. 245, 11 p.
- Norman, G.W.H., 1940. Thrust faulting of Grenville gneisses
N.W. against the Mistassini Series of Mistassini lake,
Quebec. J. Geol. 48, pp. 512 - 525.
- Quirke, T.T., 1958. Mineralogy and stratigraphy of the Temis-
camie iron range. Mistassini territories. Quebec.
PhD. Thesis - Univ. Minnesota.
- Roberts, W.M.B., 1973. Dolomitisation and the genesis of the

Woodentters Lead-Zinc Prospect, N. Terr. (Aust.)

Min. Deposita. Vol. 8, no. 1, pp. 35 - 56.

Seegerstrale, S.G., 1957. Baltic sea, in. Treatise on
marine ecology and paleocology. Geol. Soc. Am. Mem. 67,
Vol. 1 pp. 751 - 800.

Stanton, R.L., 1972. Some stratabound ores of sedimentary
affiliation. In. Ore Petrology. McGraw - Hill.
pp. 541 - 577

Stockwell, C.H., 1964. Fourth Report on Structural Provinces,
Orogenies, and Time Classification of rocks of the Canadian
Shield. Geol. Surv. Can. 64 - 17. Part II. 29 p.

Truswell, J.F. et Eriksson, K.A., 1975. A paleoenvironment
interpretation of the early Proterozoic Malmani Dolomite
from Swartkops, South-Africa.
Préc. Reas., Vol. 2. pp. 277 - 303.

Vine, D.J. et Tourtelot, E.B., 1969. Geochemical investigations
of some black shales and associated rocks. U.S. Geol. Surv.
Bull. 1314 - G p. G1 - G32.

_____ , 1970. Geochemistry of black shale
deposits - a summary report. Ec. Geol. Vol. 65, pp. 253 - 272.

- Wahl, W.C., 1953. Geological Report on the Temiscamie river area. Min. Mines, Quebec. Rap. Geol. no. 54, 37 p.
- Walther, J., 1894. Einleitung in der geologie als historische wissenschaft. Beobachtungen Über die Bildung der Gesteine und ihrer organischen Einschlüsse. G. Fischer, Jena, pp. 535 - 1055.
- Wanless, H.R., 1966. Local and regional factors in Pennsylvanian cyclic sedimentation: Kansas. Geol. Surv. Bull. 169. Vol. 2 pp. 593 - 606.
- _____, 1972. Eustatic shifts in sea level during the deposition of late Paleozoic sediments in the central V.S. in J.G. Elam and S. Chuber, eds., Cyclic sedimentation in Permian basin, 2d. ed. West. Texas. Geol. Surv., pp. 41 - 54.
- Wedephol, K.H., 1971. Geochemistry - Rinehart and Winston (ed.)
- Wilson, J.L., 1975. Carbonate facies in geologic history. N.Y., Springer - Verlag. 471 p.
- Wite, D.E., Anderson, E.I. and Grubbs, D.K., 1963. Geothermal brine well: mine deep drill hole may tap ore-bearing magmatic water and rocks undergoing metamorphism. Science 1939: 912 - 922.