

MB 90-29

DISPERSION DE L'OR ET DES TERRES RARES DANS LES RUISSEAUX DE LA GATINEAU

Documents complémentaires

Additional Files



Licence



Licence

Cette première page a été ajoutée
au document et ne fait pas partie du
rapport tel que soumis par les auteurs.

Énergie et Ressources
naturelles

Québec 



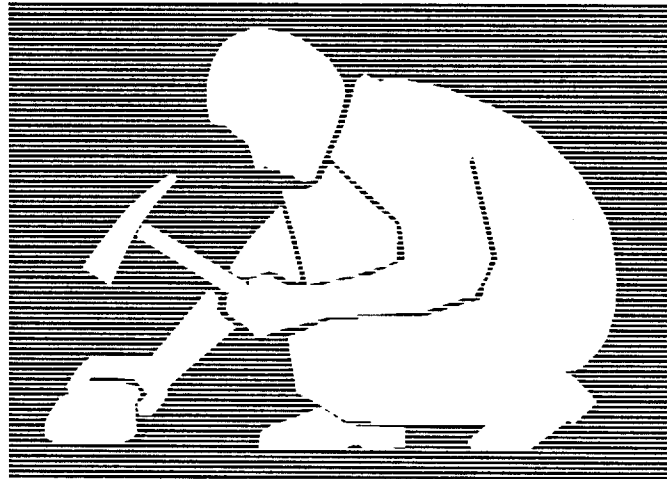
Gouvernement du Québec
Ministère de l'Énergie et des Ressources
Service géologique de Québec

Dispersion de l'or et des terres rares dans les ruisseaux de la Gatineau

Michel Jebrak

Claude Bellehumeur

Charles Normand



SÉRIE DES MANUSCRITS BRUTS

Le présent projet est financé par le ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources du Canada et le ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec dans le cadre de l'entente auxiliaire Canada - Québec sur le développement minéral.

Cette étude s'est effectuée en coopération avec l'Université du Québec à Montréal

MB 90 - 29

1990

TABLE DES MATIERES

1. Introduction		4
2. Contexte géologique		5
3. Potentiel métallogénique		6
31. Phase précoce proto-Grenvillienne		
32. Intrusion alcaline		
33. Ouverture des bassins		
34. Serrage Grenvillien		
35. Protérozoïque tardif		
4. La dispersion		10
41. Contenu géochimique		
42. Contenu minéralogique		
5. Les terres rares		21
51. Fonds Géochimiques		
52. Anomalies ponctuelles		
53. Expressions minéralogiques		
54. Le diagramme PLAY		
6. L' or		41
61. Utilisation des éléments traceurs		
62. Données géochimiques		
63. Principales associations géochimiques		
64. Estimation d'une nouvelle variable par regression		
65. Anomalies géochimiques		
7. Conclusion		69

Annexes

1. Résultats d'analyses chimiques des échantillons de vérification
2. Résultat d'analyse en composante principale, fraction lourde et fraction fine
3. Poids des différentes fractions analysées
4. Répartition des minéraux dans les fractions à densité lourde et moyenne
5. Planches photographiques : minéraux de terres rares et zircon

**DISPERSION DE L'OR ET DES TERRES RARES DANS LES
RUISSEAUX DE LA GATINEAU**

RESUME

Le Ministère de l'Énergie et des Ressources de Québec a effectué en 1987 un levé géochimique des sédiments de ruisseaux et des minéraux lourds de la région de la Gatineau. 1661 sites d'échantillonnage ont permis de couvrir 17 700 km², entre Hull au Sud, et le réservoir Cabonga. Le présent travail a pour objectif d'analyser à une échelle plus fine les phénomènes de transport géochimique dans la Gatineau. Les principaux résultats concernent les terres rares, l'or et le zinc.

La faiblesse des anomalies en zinc peut s'expliquer par le support souvent magnétique des spinelles zincifères, porteurs d'une partie de la minéralisation. Par ailleurs, le caractère acide des eaux ne favorise pas la conservation de la sphalérite sur de longue distance.

Les anomalies en terres rares sont associées à la présence de sphène et d'apatite : le sphène semble plus directement associé aux concentrations très anormales. Il semble que le typomorphisme de sphène puisse donner des indications sur le type de source : le sphène vert semblant marquer des zones plus anormales à caractère pegmatitique. L'apatite contrôle le fond géochimique en terres rares et en phosphore à l'échelle régionale. Ce minéral est également concentré au voisinage des zones de skarn. Plusieurs grandes zones anormales sont ainsi soulignées.

Les teneurs géochimiques de l'or sont le plus souvent sous le seuil de détection. Afin de faire ressortir les principales anomalies, on met en évidence une régression de l'or avec des accompagnateurs traditionnels (As, Se) et des indicateurs de classement en gravité (Th). Cette régression souligne la présence de districts présentant un bon potentiel au Nord de Hull et à l'Est du réservoir Baskatong. Deux échantillons près de Cantley et du Lac Usborne fournissent des teneurs de 882 et 709 ppb Au.

DISPERSION DE L'OR ET DES TERRES RARES DANS LES RUISSEAUX DE LA GATINEAU

1. INTRODUCTION

La province de Grenville est une zone oubliée de la recherche minière au Québec : très peu d'exploration s'y est effectuée à ce jour. Cependant, on sait que le fort degré de métamorphisme qui a affecté la région ne constitue pas un obstacle insurmontable à la découverte de gisement. Pour ne citer que deux exemples, rappelons que c'est dans cette province géologique qu'a été ouverte la première mine d'or en Ontario, et que le gisement de Pb-Zn de Balmat-Edwards, l'un des plus gros districts d'Amérique du Nord y est exploité.

Le Ministère de l'Énergie et des Ressources de Québec a effectué en 1987 un levé géochimique des sédiments de ruisseaux et des minéraux lourds de la région de la Gatineau. 1661 sites d'échantillonnage ont permis de couvrir 17 700 km², entre Hull au Sud, et le réservoir Cabonga (47 15 parallèle), au Nord (fig. 1 et 2). Les résultats bruts ont déjà été présentés dans un rapport du Ministère (Choinière, 1988). Mais l'interprétation des résultats géochimiques dans la province du Grenville n'est pas toujours évidente : des programmes antérieurs avaient montré que de fortes anomalies ne semblaient pas correspondre à des concentrations primaires (SOQUEM, inédit); à l'inverse, certains districts connus ne semblaient pas pouvoir être tracés en géochimie. Le présent travail avait donc pour but de valoriser les résultats de l'échantillonnage du Ministère. Plusieurs objectifs étaient visés :

- (1) réaliser une cartographie litho-géochimique de la région de la Gatineau, en extrayant l'information de la géochimie par des procédures de traitement multi-variés .
- (2) comparer l'apport respectif de la géochimie des sédiments de ruisseaux et de celle des minéraux lourds ;
- (3) sélectionner un certain nombre d'anomalies géochimiques susceptibles de présenter un potentiel minéral élevé ,y réaliser une étude minéralogique afin de mieux comprendre l'origine de ces anomalies.

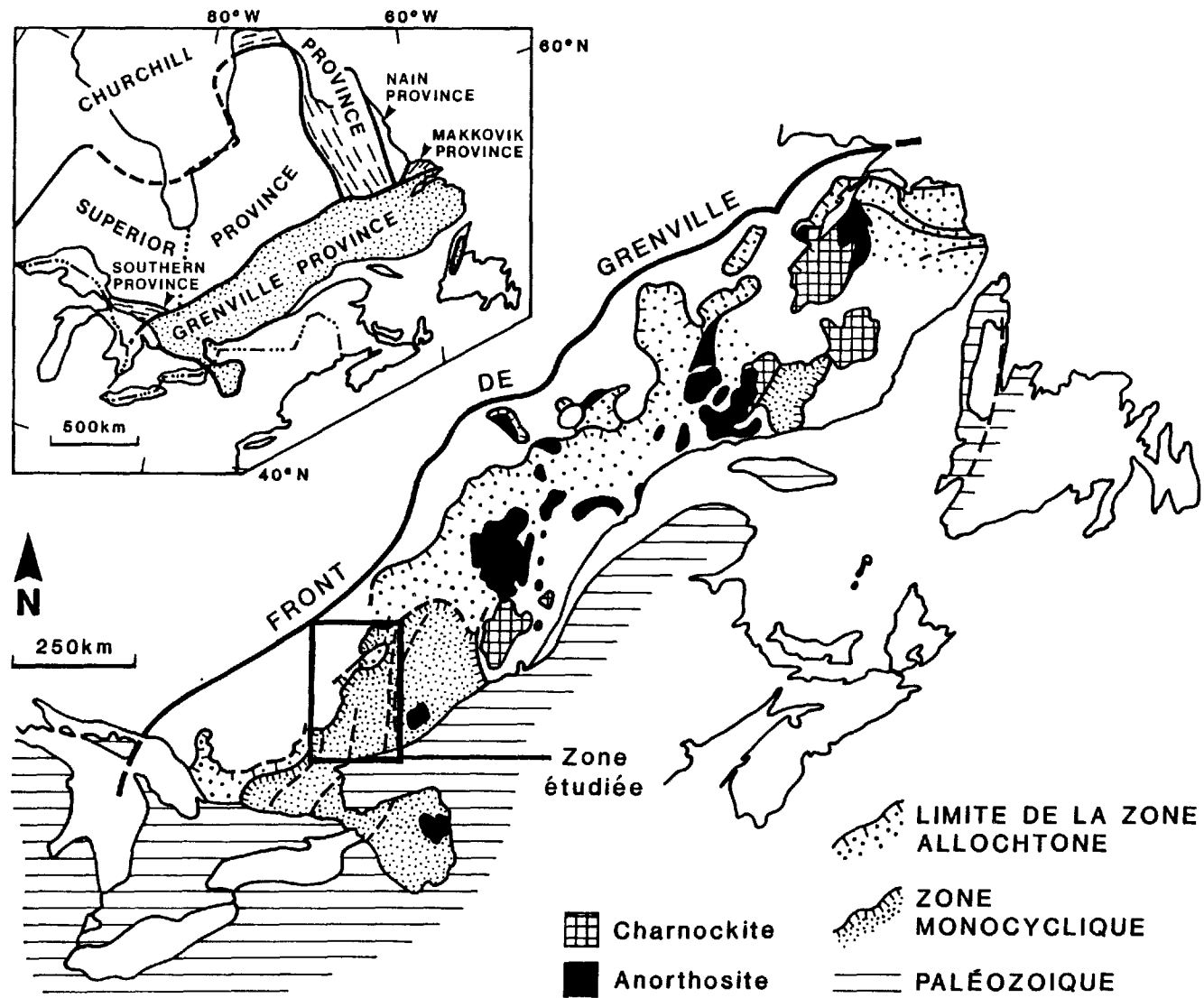


Figure 1 Position de la zone étudiée dans la Province de Grenville.
(tirée de Rivers et al., 1989)

Les deux premières parties de ce projet ont fait l'objet d'un rapport au Ministère de l'Énergie et des Ressources (Jébrak, 1989). Le présent document en résume les résultats et développe la dernière partie.

Ce travail s'est déroulé de Septembre 1988 à Février 1989, sous la direction de Michel Jébrak, professeur à l'Université du Québec à Montréal, qui a également réalisé les traitements géochimiques avec Claude Bellehumeur, étudiant au doctorat en Ressources Minérales. Les analyses minéralogiques ont été conduites par Charles Normand, étudiant en maîtrise. Les séparations minérales ont été réalisées à l'UQAM et par Consorminex, à Gatineau. Les analyses géochimiques ont été réalisées par spectrométrie d'émission au plasma (ICP) par Chimitec Ltée et les dosages au microscope électronique à l'UQAM, par Christine Giguère et Raymond Mineau, chargés de recherche à l'UQAM. Enfin, Michel Gauthier a bien voulu apporter son concours sur la métallogénie de la province du Grenville.

2. CONTEXTE GEOLOGIQUE

La zone couverte par le levé géochimique constitue un fragment de la province du Grenville (Wynne-Edwards et al., 1966) (figure 1). Cette zone couvre en partie deux unités majeures de cette province, les zones allochtones mono-et polycyclique (Rivers et Chown, 1986 ; Rivers et al., 1989).

La zone monocyclique au Sud-Ouest comprend des roches supracrustales d'âge protérozoïque qui appartiennent au Supergroupe de Grenville et constituent le prolongement de la ceinture métasédimentaire centrale (CMB) décrite en Ontario. On y distingue des quartzites, des marbres calcaires et dolomitiques, des métapelites et des ortho-amphibolites. L'ensemble a été soumis à un métamorphisme intense au faciès granulite durant l'orogénie Grenville, autour de 1100 MA. En Ontario, Davidson (1986) y a distingué trois unités lithotectoniques : les terrains de Bancroft, d'Elzevir et de Frontenac ; le terrain de Bancroft contient des gneiss à néphéline et des carbonatites ; celui d'Elzevir contient des volcanites, des roches supracrustales, et des plutons tonalitiques datés de plus de 1240 MA ; il se prolonge au Québec dans la Gatineau (Forsythe et al., sous presse). Le terrain de Frontenac contient principalement des marbres, des quartzites et des métapelites ; il ne contient pas de volcanites, mais des granites et des gabbros datés vers 1170 MA (Marcantonio et al., 1988).

Ces unités sont recoupées par des massifs alcalins ultrapotassiques à potassiques, composés principalement de syénites miaskitiques ; leurs âges de mise en place décroissent d'Ouest en Est, entre 1090 et 1076 MA (Corriveau, 1989). Ces intrusions marquent la fin de l'orogénie Grenville, peu avant l'amalgamation des blocs lithotectoniques le long de la CMBBZ (= central metasedimentary belt boundary zone, Hanmer, 1988). Ils contiennent de l'apatite en abondance ; des dykes de carbonatites se mettent en place autour de 900-

1000 MA près d'Ottawa, avec des plutons potassiques tardifs dans la région de Mont-Laurier (Corriveau et Gorton, 1989).

- La zone polycyclique au Nord-Est est constituée de gneiss gris aphébiens appartenant à la zone gneissique centrale de Wyne-Edwards, 1972. On y distingue deux grandes unités : la zone de Baskatong, au contact de la zone monocyclique, et les gneiss gris à l'extrême nord. Il s'agit de migmatites quartzo-feldpathiques à lits de biotite, d'amphibolites et de mobilisats granitiques. La zone de Baskatong a été distinguée sur la base de levés aéromagnétiques et de télédétection (Indarès et Martignole, 1985) . Le matériel charnockitique y est plus abondant. Le contact entre ces deux sous-unités constitue la zone de cisaillement du Lac Renzy (Renzy Shear belt, ou RSB) où apparaissent un mélange comprenant des corps ultramafiques tels celui du Lac Renzy. L'ensemble est daté de 1619 Ma (Doig, 1977).

La figure 2 donne une esquisse géologique et gîtologique de la zone échantillonnée d'après Avramtchev et Piché (1981); cette esquisse sert de fond de carte pour le report des anomalies.

Notre première étude montrait que les anomalies géochimiques ne montraient pas un déplacement glaciaire très important à l'échelle considérée, inférieur à 5 km. Quatre aires géochimiques sont distinguées dans la zone étudiée :

- * au Sud-Est, près du graben d'Ottawa, une zone fortement marquée par des dépôts de la mer de Champlain, caractérisée par un fort contenu en baryum
- * au centre, le bassin de Mont-Laurier, marqué par l'abondance du calcium, un fond moyen en zinc et en terres rares plus élevé ;
- * au Nord-Ouest, la zone gneissique montrant des teneurs relativement plus élevées en sodium ;
- * en limite entre la zone gneissique et le bassin de MontLaurier, un ensemble de massifs à caractère alcalin, fortement enrichis en terres rares et strontium.

3. POTENTIEL METALLOGENIQUE DE LA GATINEAU

Il est clair que les indices et mines connus dans la Gatineau ne représentent qu'une infime fraction du potentiel minéral de cette région. Nous rappellerons ici les différentes minéralisations connues (Sangster et Bourne, 1982 ; Gauthier et al., en cours) tout en envisageant quelques cibles potentielles à partir d'une analyse métallogénique prévisionnelle.

Le cycle Grenvillien correspond à un long ensemble tectonique débutant par l'ouverture des bassins (1300 MA), leur développement et leur écrasement au cours des phases de serrage (Wynnw-Edwards, 1972 ; Moore et al., 1986). Le magmatisme alcalin est particulièrement développé tout au cours de cette histoire (Windley, 1989).

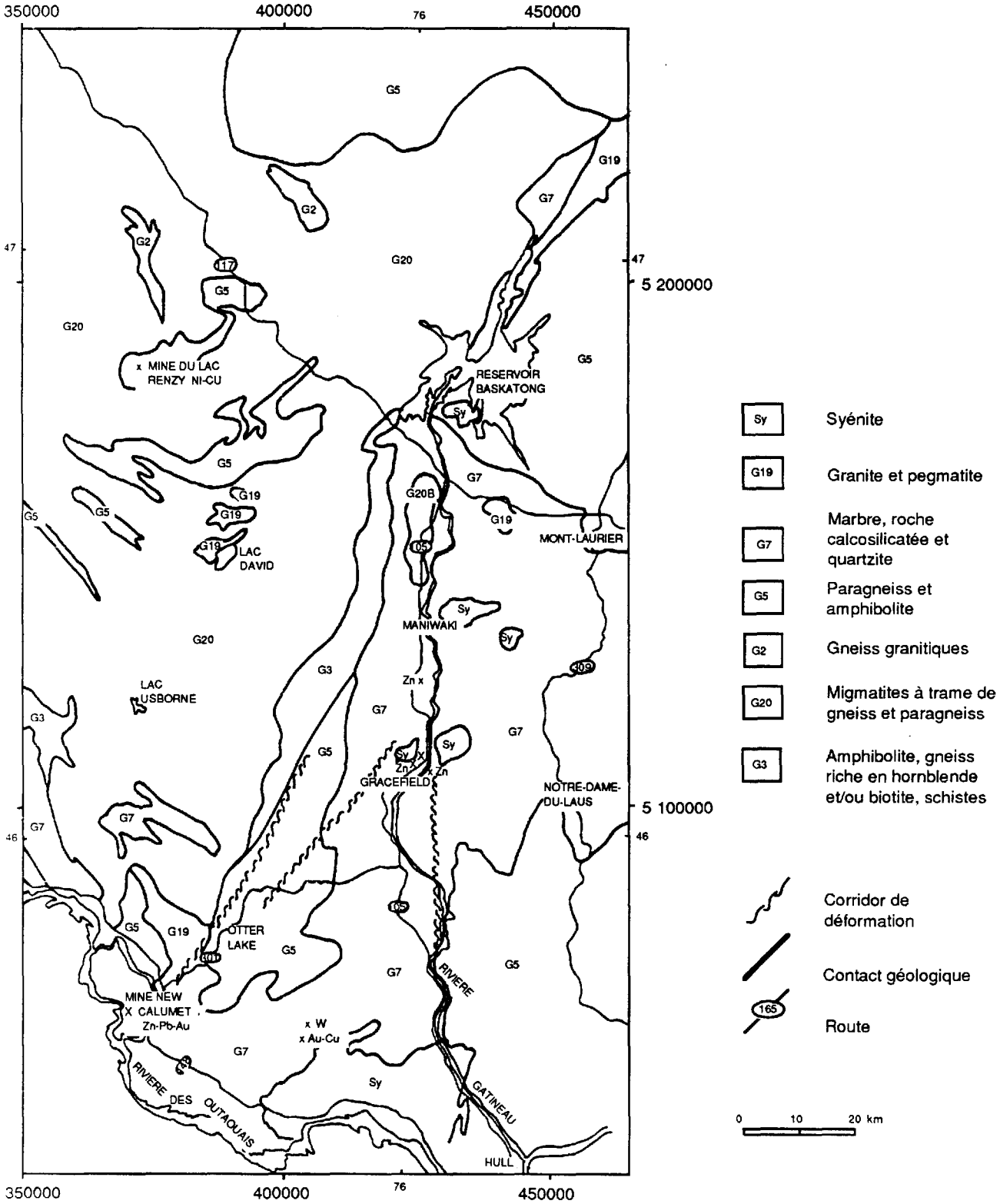


Figure 2 Esquisse géologique de la zone étudiée

31. Phase précoce proto-Grenvillienne

Dès 1500 MA, il apparaît une phase taphrogénique proto-Grenvillienne . Cette période correspond aux premiers mouvements distensifs: elle est marquée par des intrusions mafiques ou ultramafiques dont la signification géodynamique n'est pas encore bien comprise ; il pourrait s'agir cependant d'ophiolites très fortement tectonisées et actuellement situées dans des zones de mélanges: c'est le cas des intrusions du Lac Renzy dans la zone étudiée, ou du Lac Edouard. L' intrusion litée à Fe-Ti-Cr du Lac Kenogami pourrait appartenir à la même génération, comme les massifs anorthositiques riches en titane des Adirondak, du Lac St Jean, et de la Verendrye. Ces massifs ont été interprétés comme des indicateurs d'un magmatisme lié au rift (McLelland, 1986).

Les gîtes de Ni-Cu sont associés aux massifs ultra-basiques mis en place dans des zones de discontinuités. Le gîte de Ni-Cu du Lac Renzy est un des plus importants. Il est encaissé dans un sill à caractère komatiitique. Deux millions de tonnes de minerais à 0.6 % Ni et 0.7 % Cu y ont été reconnues. De l'argent, du cobalt et très peu de platinoides y sont associés (Poirier, 1988). Ce type de gisement est souvent de petite taille et pourrait marquer les grandes zones de sutures entre les blocs qui composent le Grenville

32. Intrusions alcalines

L'ouverture des bassins épicontinentaux s'accompagne de l'émission d'un volcanisme felsique, toujours à tendance alcaline : vers 1270 MA se mettent en place les syénites et granitoïdes Strange Lake et Mt St Francois (Missouri), avec leurs gisements à Zr, TR, Fe, U, Nb, Sn.

Ce type de gisement n'a pas été recherché jusqu'ici dans la Gatineau. Or, il s'agit d'une présentation qui peut prendre une importance économique considérable : les gisements protérozoïques de Bayan Obo en Chine, de Kiruna en Suède ou d'Olympic Dam en Australie sont les plus importants, mais il existe aussi des gisements plus petits comme Boss-Bixby, Missouri (Hagni et Brandom, 1989). Les substances majeures exploitées sont tantôt le fer ou le cuivre, mais il apparaît souvent des concentrations importantes en terres rares : Bayan Obo représente environ 1.5 milliards de tonnes de fer et 37 millions de tonnes d'oxydes de terres rares ! Si la nature des encaissants diffère, ces gisements ont en commun une association géochimique et un âge de mise en place protérozoïque. La Gatineau présente un bon potentiel pour ce type de gîte.

33. Ouverture des bassins

Les principales minéralisations de la Province de Grenville datent de cette période, marquée par les dépôts du Supergroupe du Grenville, autour de 1290 MA. On peut distinguer plusieurs grands types de gisements selon leur contenu métallique :

- Les gîtes de zinc, fer et or du synclinorium de la Gatineau sont stratiformes (Gauthier, 1982 ; Gauthier et Brown, 1986). Ils sont constitués par des niveaux exhalatifs associés aux marbres dolomitiques et localement à des horizons d'ortho-amphibolites. La minéralogie comprend surtout de la sphalérite, de la pyrrhotine, pyrite, diopside, calcite, dolomite, forsterite et phlogopite. Ces gîtes passent latéralement à des formations de fer du type faciès à carbonates (Gauthier et al., 1987). Les principaux gîtes de cette famille affleurant dans la zone d'étude sont ceux de Calumet, et ceux du district de Maniwaki-Gracefield (Bouchette).

- les gisements exhalatifs stratoïdes à Zn-Au, tels Calumet et Montauban sont associés à des gneiss. Ils semblent être contrôlés par la bordure de la ceinture métasédimentaire. On reconnaît deux associations : (1) une association avec du zinc (sulfures et silicates) comme à Calumet ou à Montauban. A Calumet, les teneurs varient entre 3.8 et 12 g/t d'au sur des puissances de 1 à 6 m. L'altération (Bishop et Jourdain, 1987) est marquée par la présence de silicates calciques (sillimanite) et de grenats ; (2) une association avec des niveaux de magnétite (indice du Lac au Sable, Qué ; indice Simon, Ont.)

- les indices uranifères et thorifères sont constitués par des marbres à scapolite-diopside-apatite, témoins d'environnement de type sebkra (Haynes, 1986).

34. Serrages Grenvilliens

On peut distinguer deux épisodes de déformations majeurs au cours du serrage Grenvillien : l'orogène Elzevir est le plus précoce, autour de 1250 MA, tandis que l'orogène Ottawa se déroulerait entre 1160 et 1100 MA.

La métallogénie post- à tardi-orogénique est marquée par un magmatisme mafique (faisceaux de dykes vers 1140 MA, complexe de Duluth, gîtes de Ni-Cu de St Veronique), des dépôts conglomératiques (red bed à cuivre de Flinton, autour de 1080 MA), des gisements associés aux zones de cisaillement, soit profondes (vers 1050 MA), soit plus superficielles dans la zone de Robertson Lake, dans la partie épimétamorphique du Grenville, en Ontario (Jourdain et al., 1990) : on a alors affaire à des gîtes à caractère épithermal, montrant même parfois des affinités avec le type Carlin. Les filons aurifères sont généralement situés au voisinage des zones stratoïdes.

Des indices de molybdène sont associés à des massifs de syénites. De nombreux indices métasomatiques forment des bandes stratoïdes ou des amas irréguliers dans des pyroxénites au contact de syénites : c'est le cas du Lac Indian et de Chaput (Dresser et Denis, 1951). Les liens avec les intrusifs sont cependant discutés.

En Ontario, dans le district de Bancroft, Haynes (1986) a décrit plusieurs types de gisements à U-Th : de rares pegmatites zonées, des schlieren potassiques à U-Mo liés à des fusions anatectiques (les plus prometteuses sur le plan économique), des tactites au contact de pegmatites et des pegmatites tardives. Ces pegmatites seraient souvent localisées

au voisinage du contact du supergroupe du Grenville avec les gneiss. Des terres rares leur sont associées, en particulier sous forme d'allanite.

De petits indices de phosphates ont été exploités à la fin du XIX^{ème} siècle à 40 km au Nord-Est d'Ottawa. Il s'agit de skarns interstratifiés dans des marbres magnésiens, des quartzites et des gneiss à biotite, à hornblende, à diopside ou leucocrate. L'association minéralogique de ces skarns comporte surtout des pyroxènes, trémolite-actinote, apatite et microcline (Hogarth, 1988). Les apatites seraient enrichies en terres rares légères. De l'uranium est parfois associé à ces skarns.

35. Protérozoïque tardif

Peu de gisements sont associés à la fin du Protérozoïque : il s'agit d'une époque caractérisée vraisemblablement par un contexte de distension, connu dans un grand nombre de cratons précambriens. Ce contexte distensif est marqué par des intrusions de dykes et par un magmatisme alcalin.

Dans la Province du Grenville, on connaît des minéralisations associées à des intrusions alcalines, tels les syénites à molybdène de type mine Moss (canton d'Onslow) : il s'agit de gîtes disséminés dans des syénites qui rappellent des présentations à caractère porphyrique (950 MA) ou des carbonatites : les carbonatites de St Honoré ou de Crevier seraient d'âge éo-cambrien (560-650 MA). L'intrusion litée de Sept-Iles serait également du même âge : des gisements de fer et titane lui sont associés.

4. LA DISPERSION

La compréhension des anomalies géochimiques passe par l'analyse de la dispersion des minéraux lourds et des sédiments de ruisseaux dans la Gatineau.

Une étude méthodologique de la dispersion des sédiments de ruisseaux a donc été entreprise sur quatre sites correspondant à des types d'anomalies différents (fig. 3) : anomalies en or du Lac Bertrand, du Lac Roddick et de Gatineau, anomalie en terres rares du Lac David. Ces sites montrent également des bassins versants de taille très différente et permettent ainsi de prendre en compte ce facteur important.

Sur chaque site, de nouveaux échantillons ont été prélevés afin de vérifier l'anomalie et d'étudier plus en détail les mécanismes de dispersion. Les levés du Ministère comprenaient le prélèvement sur chaque site de deux échantillons : le premier était constitué de 0.5 à 1 kg de matériel fin terrigène, dont on extrayait la fraction granulométrique inférieure à 177 μm ; le second était constitué de 4 litres de sédiments

d'une fraction granulométrique inférieure à 850 μm dont on extrayait la fraction lourde, supérieure à 3.3 g/cm^3 par deux passages sur une table à secousse. Cette partie lourde subit ensuite un classement afin d'en retirer la fraction la plus magnétique. Les analyses multi-élémentaires ont été obtenus par ICP après attaque à HNO_3 chaud sur fraction broyée.

La méthodologie utilisée pour le prélèvement et le traitement est très proche de celle retenue lors des levés du MERQ. Cependant, afin de pouvoir établir des bilans quantitatifs, on a réalisé le classement gravimétrique non sur le terrain, mais en laboratoire.

Six fractions ont ainsi été obtenues :

- un fraction très grossière, entre 5 mm et 850 μm
- une fraction grossière (850 - 170 μm) légère ($d < 2.8 \text{ g/cm}^3$)
- une fraction grossière (850 - 170 μm) moyenne ($2.8 > d > 3.3 \text{ g/cm}^3$)
- une fraction grossière (850 - 170 μm) lourde ($d > 3.3 \text{ g/cm}^3$) ; cette fraction correspond aux minéraux lourds du MERQ
- une fraction grossière (850 - 170 μm) magnétique, attirable à l'aimant
- une fraction fine (<170 μm) ; cette fraction correspond aux sédiments de ruisseaux du MERQ.

L'ensemble de ces fractions a fait l'objet d'une étude géochimique et minéralogique. La préparation des échantillons et les techniques analytiques sont identiques à celles utilisées par le MERQ. Les résultats sont donnés aux annexes 1 et 3. Nous donnerons tout d'abord des résultats généraux sur les contenus géochimiques et minéralogiques de chacune des fractions, puis présenterons les résultats d'une étude minéralogique des fractions lourde, légère et moyenne non magnétique.

41. Contenu géochimique

Bien que le nombre d'échantillon soit limité, la comparaison des moyennes des teneurs pour chacune des fractions permet d'analyser le partage géochimique des éléments. Les figures 4 et 5 comparent les valeurs moyennes de chaque élément calculées pour chaque fraction en les standardisant par rapport au North American Shale Composit (NASC). On met en évidence clairement trois types de fractionnement, par densité, par taille et par susceptibilité magnétique.

a. densité

Il apparaît ainsi un net classement en terme de densité (fig. 4) : les éléments en trace de la famille des terres rares (La, Ce, Y, Sc), Zr, Nb, certains éléments du groupe du fer (Fe, Ti, Mn, Co) et Bi voient leurs concentrations augmenter avec la densité, les teneurs moyennes les plus fortes étant celles de la fraction supérieure à 3.3. Ce classement s'explique naturellement par la position de ces éléments dans les petits minéraux lourds, en particulier l'ilménite, le sphène, le zircon, sans doute un peu la titano-magnétite. Des essais de séparation ont montré en effet que la séparation à l'aimant est loin d'être complète. Les

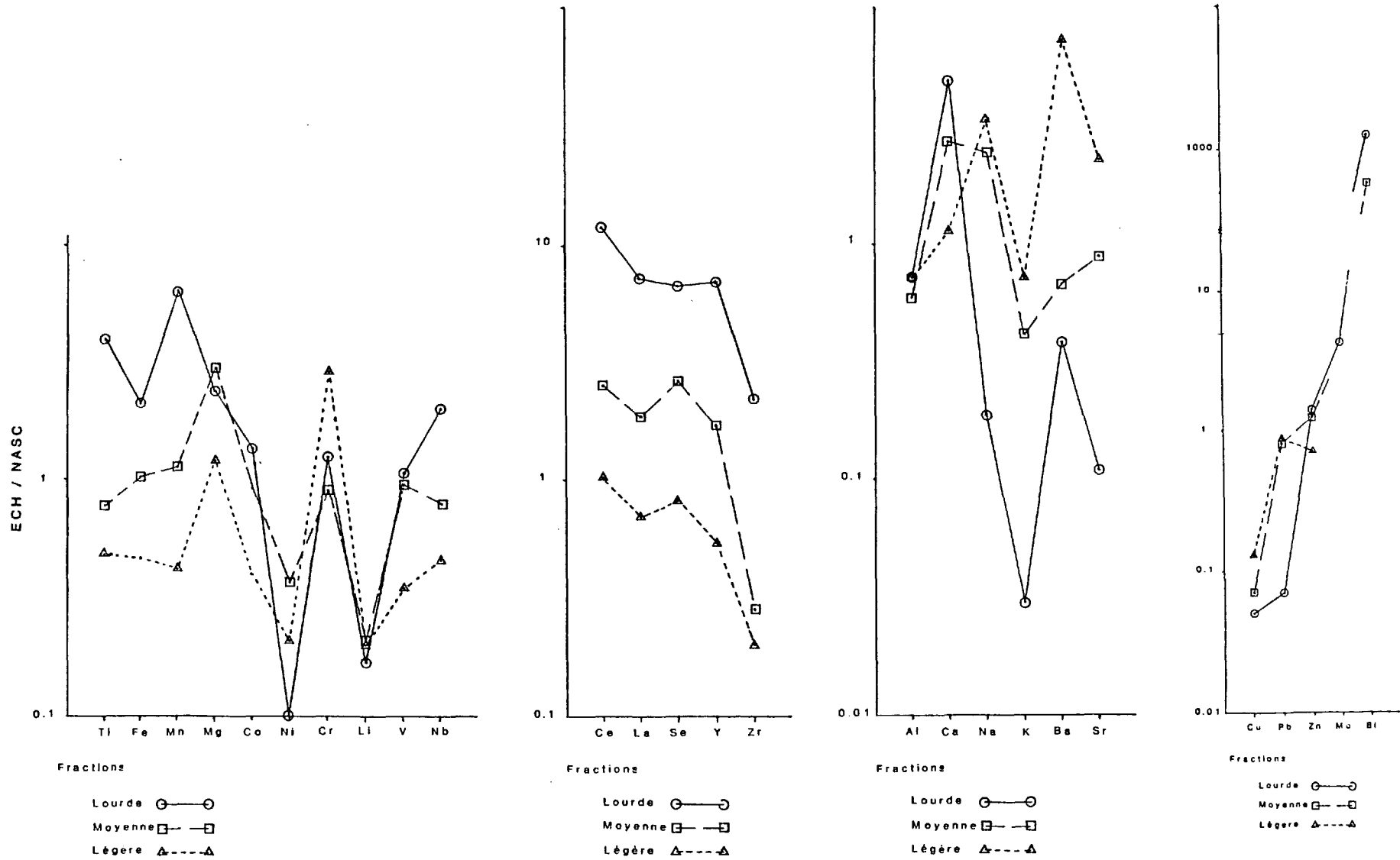


Figure 4 Classement des éléments par phase en fonction de la densité

autres éléments du groupe du fer (V, Mg, Zn) ont des teneurs aussi élevées dans la fraction très dense que dans celle à densité moyenne. A l'inverse, les éléments contenus dans les minéraux feldspathiques (Ba, Sr, Na, K) sont plus abondants dans la fraction la moins dense, inférieure à 2.8 g/cm³. Cu et Li, abondants dans les micas sont également concentrés dans cette fraction.

b. granulométrie

Le classement granulométrique d'un sédiment s'accompagne de modifications sensibles de la composition chimique. Ainsi, Cullers (1988) montre que même le contenu en terres rares varie avec la granulométrie des fractions. DiLabio (1988) montre les variations dans le till.

Sur les échantillons analysés, on observe une augmentation des teneurs en Ba, Sr et K dans la fraction granulométrique très grossière, entre 850 µm et 5 mm. Ces augmentations s'expliquent par l'abondance des feldspaths, souvent en gros cristaux, dans cette fraction. La plupart des autres éléments sont enrichis dans la fraction fine, inférieure à 850 µm, avec un facteur variant entre 2 et 4 fois (figure 5). Les enrichissements les plus faibles sont observés pour le plomb et le zinc : en l'absence d'anomalie, ces deux éléments traduisent seulement la lithologie et la présence de gros minéraux, respectivement les feldspaths et les ferro-magnésiens.

c. magnétisme

La figure 5 montre le rapport des concentrations rapportées au NASC pour chaque élément dans la fraction attirable et la fraction non-attirable à l'aimant. On peut distinguer trois types de comportement géochimique :

- les éléments enrichis dans la fraction non-magnétique : ce sont la majorité des éléments majeurs et traces ;
- les éléments faiblement enrichis dans la fraction magnétique : Co, Cr, Ba, Zn avec un facteur 2, V, Bi, Cu avec un facteur 3; ces éléments reflètent la présence de phyllites (chlorite, biotite) légèrement attirables ;
- les éléments fortement enrichis dans la fraction magnétique, comme Ni et Mo: la concentration en Ni se comprend bien par son association dans les magnétites.

Ainsi que l'a remarqué Choinière (1988), le levé géochimique n'a pas abouti à la mise en évidence d'anomalie importante pour les métaux de base. Or, la région apparaissait particulièrement favorable pour ce type de minéralisation (Gauthier et al., 1985). Compte tenu des teneurs élevées en zinc de la fraction magnétique, il est vraisemblable qu'une partie des minéraux traceurs, en particulier la gahnite (spinnelle zincifère) n'ont pas été analysés, ayant été retirés lors de la séparation magnétique.

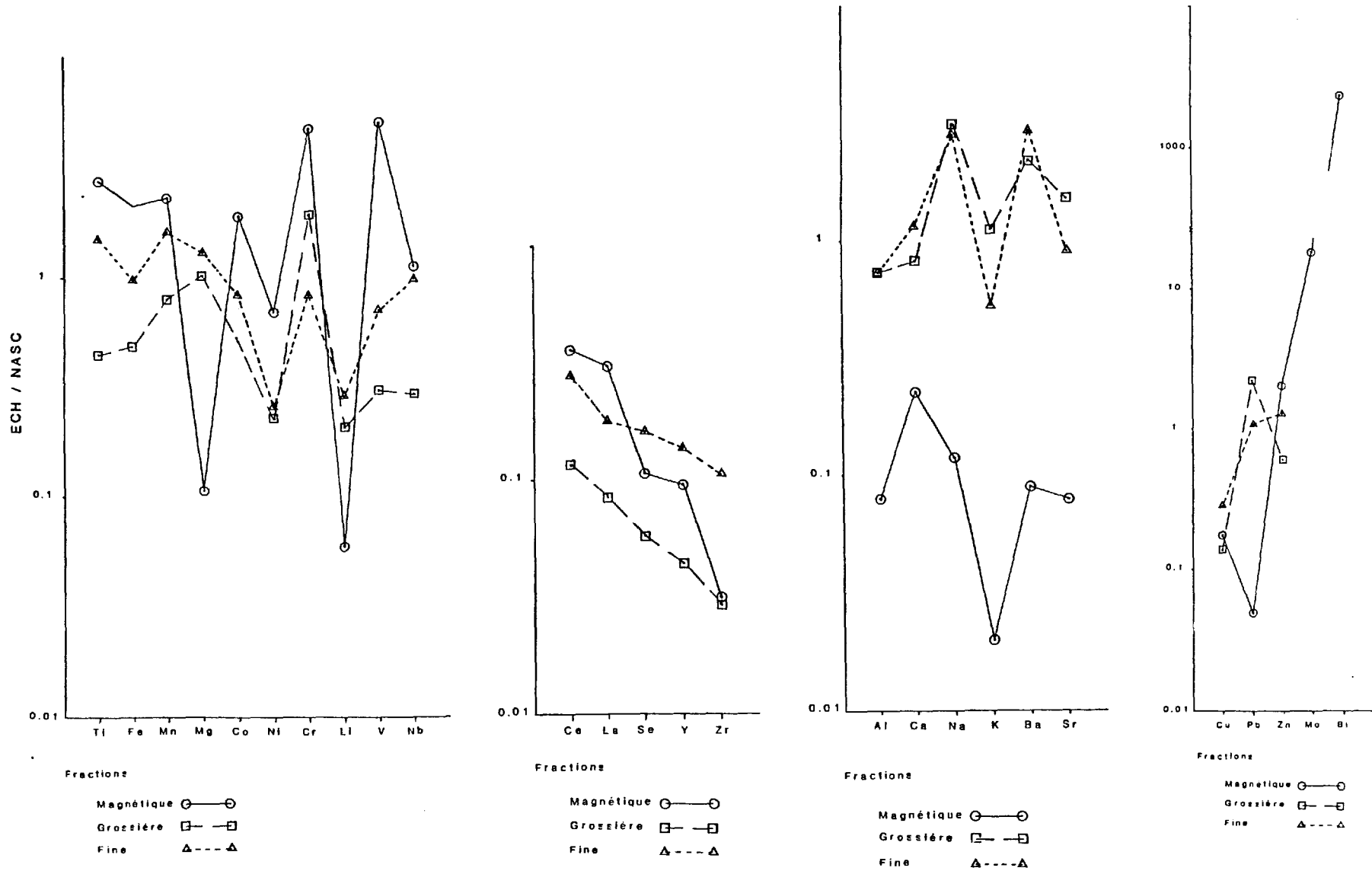


Figure 5 Classement des éléments par phase en fonction du magnétisme et granulométrie

42. Contenu minéralogique

L'étude des concentrés de minéraux lourds a été conduite sur quelques échantillons de minéraux lourds du MERQ et sur les 7 nouveaux échantillons (fractions à densité moyenne et forte). Un comptage a été entrepris sur une cinquantaine de grains pour chaque fraction. Bien que ce nombre soit largement inférieur au 300 grains souvent comptés en prospection systématique, un contrôle nous a montré qu'il permettait une bonne approche de la composition minéralogique, avec une marge d'erreur inférieure à 5 %. Par ailleurs, on a réalisé un examen systématique des échantillons afin de mettre éventuellement en évidence des minéraux rares. 20 % des grains ont été vérifiés au microscope électronique à balayage par analyse EDS.

Le tableau 2 donnent la liste des minéraux rencontrés dans les deux fractions étudiés, avec leur abondance respective.

La composition de la fraction à densité moyenne est dominée par le quartz, les pyroxènes (en particulier le diopside), les amphiboles (fig. 6). On observe plus rarement du sphène, et exceptionnellement biotite, épidote, wollastonite et feldspath.

La composition de la fraction la plus dense est très largement dominée par les grenats, les ilménites, puis les ferro-magnésiens (pyroxènes et amphiboles). Les zircons, sphènes et apatites sont moins abondants (fig. 7). La pyrite n'a été observée que dans un échantillon anomalique en or. Deux types de grenats, rouge et rose, ont été distingués ; l'analyse dans l'échantillon 1 de ces deux populations fait apparaître de nettes différences géochimiques (valeurs en %) :

	rouge	rose
Al ₂ O ₃	20.51	24.40
SiO ₂	38.38	44.65
CaO	7.12	1.78
MnO	7.79	0.79
FeO	26.31	19.18
MgO	-	9.20

Les grenats rouges sont de l'almandin riche en Mn, tirant sur le sperssartine ; les grenats roses se situent entre les pôles andradite et pyrope.

fraction moyenne, >2.9 <3.3

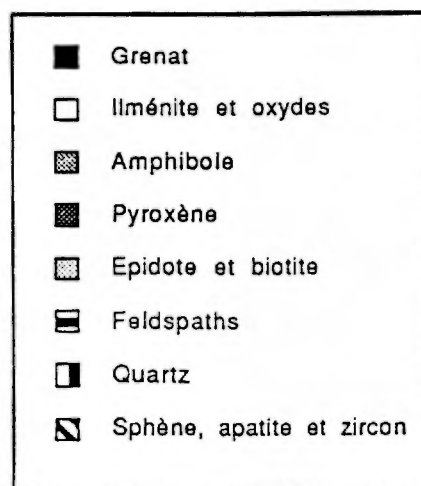
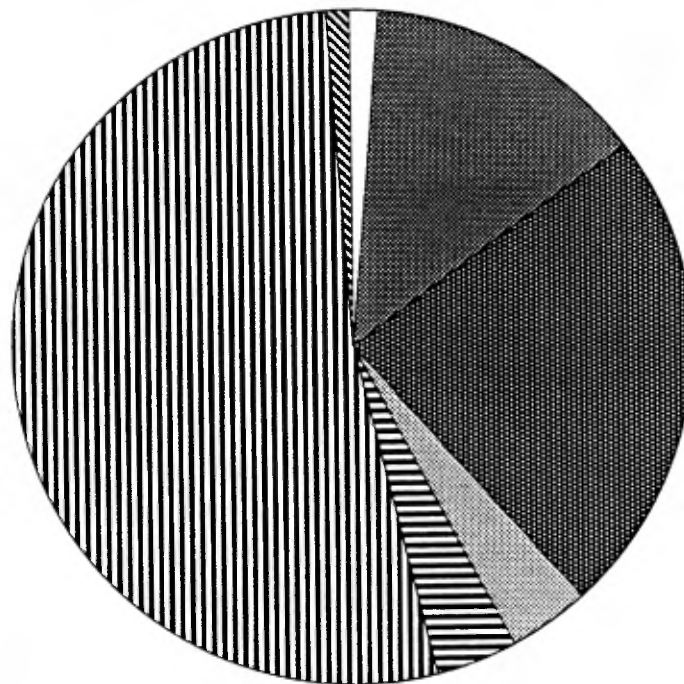


Figure 6 Répartition des minéraux dans la fraction à densité moyenne (2.8-3.3)

fraction lourde, >3.3

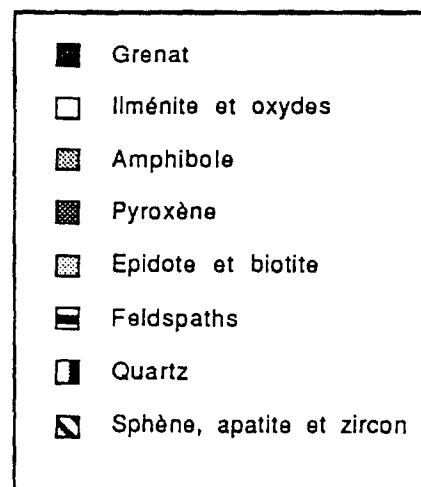
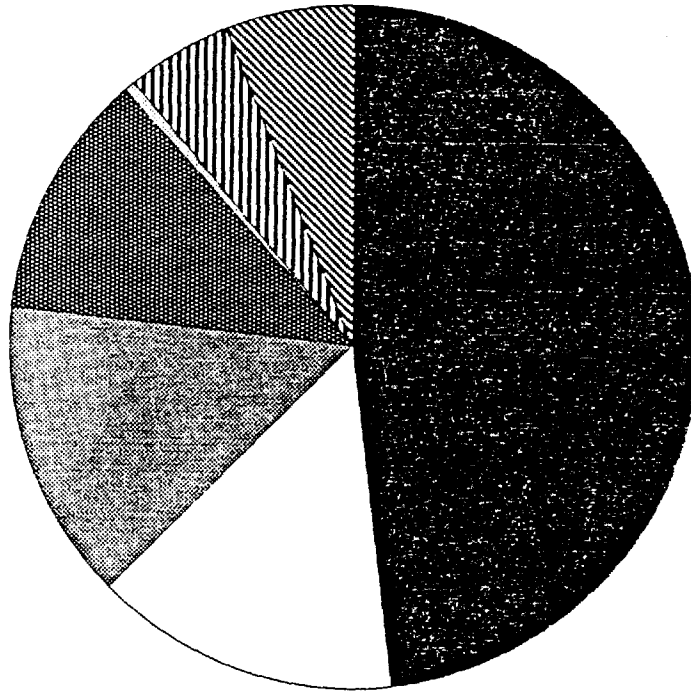


Figure 7 Répartition des minéraux dans la fraction à densité élevée (> 3.3)

1	echantillon	564	491	954	1m	1d	2m	2d	3m	3d	4m	4d	5m	5d	6m	6d	7m	7d	total	
2	grenat rose	5	1	22		4		8		15				7		3		4	69	
3	grenat rouge	6	22	17		8		10		11		23		6		9		23	135	
4	ilmenite	9	11	2	3	6		3		3		4		8		9		4	62	
5	hornblende		5	6	2	1	1	2							2			3	22	
6	amphiboles	4		27	1		4		1		5	3	7	3		7	3	3	68	
7	diopside	9	3		2	4	8	12	1	1					2		2	4	48	
8	orthopyroxene				1	2													3	
9	clinopyroxene		2	6	5	1	4	5	10		5				6		3		47	
10	epidote					1											1	1	1	4
11	feldspath				3		1				2							1		7
12	biotite	2			1										3				6	
13	wollastonite						1												1	
14	quartz	12		9	11		10		17		18		20		15		20		132	
15	sphene	5		2				3					1	4		1		5	21	
16	apatite														1			1	2	
17	zircon			1		1						1						1	4	
18	oxyde de fer		1																1	
19	spinelle					1													1	

1. Comptage de grains dans 3 échantillons du MERQ (564, 491 et 954) et dans la fraction lourde (xd) et dans la fraction à densité moyenne (xm) des zones rééchantillonnées.

43. Conclusions

Au cours de la glaciation Wisconsin, entre 100 000 et 10 000 BP (Gadd et al., 1972 ; Denton et Hughes, 1981), la Gatineau a connu une intense altération mécanique sous-glaciaire. On sait que ce type d'altération a pour effet de séparer granulométriquement les différents constituants, et en particulier à réduire les grains à un diamètre d'équilibre déterminé par la cohésion des minéraux. Les sables seront donc au démarrage enrichis en minéraux lourds et en quartz tandis qu'ils seront appauvris en carbonates.

L'étude géochimique et minéralogique des échantillons met en relief ce phénomène de séparation granulométrique : il apparaît de très nets classements entre les différentes fractions séparées, classement granulométrique et classement par densité. Ce phénomène, mesuré en laboratoire, doit se reproduire sur le terrain. On pourra percevoir de sensibles variations du contenu géochimique selon la composition des sédiments prélevés.

La composition moyenne des minéraux lourds est dominée par la présence des silicates ferro-magnésiens, grenats, amphiboles et pyroxènes: ces trois groupes de minéraux constituent le fond géochimique. Or, on ne dispose que de très peu de données sur le contenu en éléments traces de ces minéraux. Il serait souhaitable de mieux l'appréhender afin d'être capable de retirer l'effet du fond géochimique dans ce type d'environnement.

5. ANOMALIES EN TERRES RARES

Le comportement des terres rares dans le domaine supergène a fait l'objet de nombreux travaux récents, mais reste encore mal compris ; bien que de nombreux travaux leur ait été consacrés au cours de ces dernières années (McLennan, 1989), les mécanismes conduisant à des variations du contenu global et du fractionnement des terres rares au cours des processus d'altération, de diagenèse et de sédimentation sont encore insuffisamment documentés.

L'abondance et la distribution des terres rares en milieu marin a été l'objet de très nombreuses études (Brookins, 1989). L'apport en terres rares dans les océans se fait essentiellement par les rivières. Ainsi, 80 % de l'apport en terres rares de l'océan Atlantique provient des rivières froides de l'Amérique du Nord (Golstein et Jacobsen, 1987). Deux principaux modes de transport peuvent être distingués, un transport particulaire et un transport en solution. Le transport particulaire est très largement dominant (Hoyle et al., 1984).

Un partage des terres rares entre ces deux modes de transport semble se produire. Ainsi, Cullers (1988) montrent que les sables et graviers présentent un plus faible contenu en terres rares que les argiles, avec un fractionnement La/Yb plus bas. Mais cette

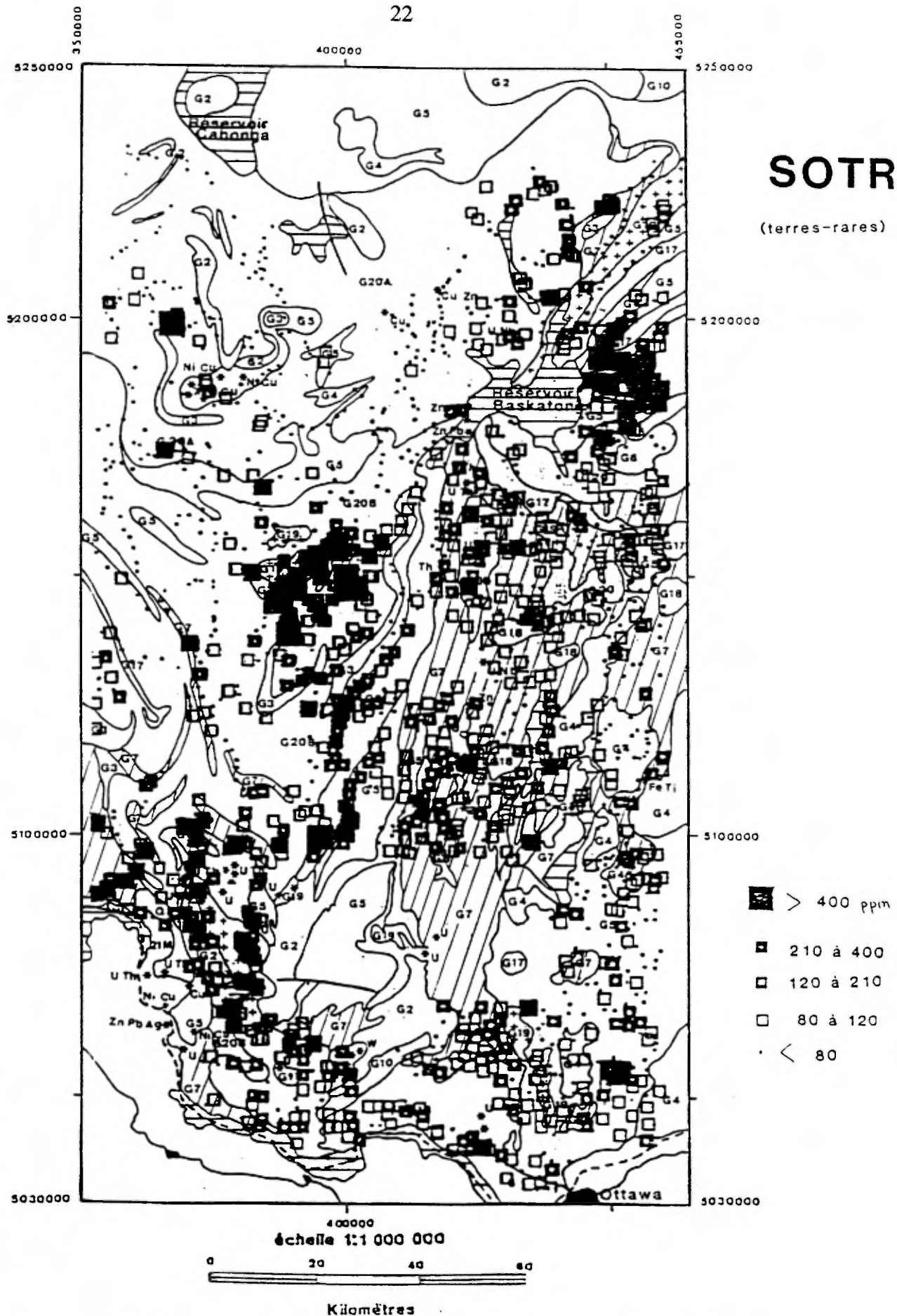


Figure 8 Cartographie de la somme des terres rares dans les minéraux lourds

interprétation est discutée par Goldstein et Jacobsen (1988). Bien qu'ils montrent que la fraction fine en suspension des eaux de rivière présentent un enrichissement en terres rares légères par rapport à la moyenne de la croûte continentale représentée par le North American Shale Composite (NASC), ils expliquent ce fractionnement par une non-représentativité du NASC.

51. Fonds géochimiques

On peut tenter de définir les principales provinces métalliques à partir d'une analyse en composante principale de l'ensemble des échantillons. La totalité des analyses réalisées (Jébrak, 1989) font ressortir la présence d'un facteur majeur reliant les terres rares et le phosphore et auquel est lié le calcium. Ce facteur explique parfois plus de 30 % de la variation du contenu géochimique.

La cartographie de ce facteur F1B, correspondant aux terres rares fait ressortir avec netteté deux grands secteurs lithologiques: au Nord-Ouest, le socle est pauvre en terres rares, au Sud-Est, le bassin de Mont-Laurier est plus riche (fig. 8).

52. Anomalies ponctuelles

La signature géochimique de la Gatineau se caractérise par un très grand nombre d'anomalies (Choinière, 1988). La carte de la somme des terres rares fait apparaître trois zones de concentrations et deux points très élevés (fig. 8). Du Nord au Sud, on distingue :

- * l'Est du réservoir Baskatong, une vaste zone anormale très riche en uranium et thulium, située sur les gneiss, en aval de granitoïdes. Aucun indice de ce type n'y est connu.
- * Dans le secteur du Lac David, au Sud-Ouest de Grands Remous, une vaste zone anormale, encore plus riche en terres rares, mais sans uranium, associée à une intrusion ;
- * Dans le secteur Nord-Calumet, au voisinage des indices d'uranium connus.

Par ailleurs, on observe des anomalies isolées, situées dans la région au Nord d'Ottawa, au voisinage des indices pegmatitiques et métasomatiques connus, et au Nord du Lac Renzy.


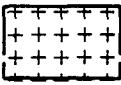
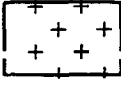
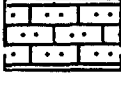




Nous avons limitée notre rééchantillonnage aux anomalies du Lac David et de Est Baskatong. Le réexamen de quelques autres points anormaux montre des associations variées : les terres rares sont généralement portées par le sphène et l'apatite (Coulonge, pt. 24491), ou associées à du zircon (Lac Byrd, pt. 24954).

a. anomalie de Est Baskatong

On observe une vaste anomalie magnétique dans ce secteur, mais les levés géophysiques ne couvrent pas totalement la zone anormale. Cette anomalie est complexe, avec

FIGURE 9 : Situation géologique de la zone des lacs David et Bertrand.

Légende :

PROTEROZOIQUE	
	Migmatites à trame de paragneiss
	Granite avec pegmatite
	Monzonite
	Marbre et roche calco-silicatée
	Paragneiss mixtes, amphibolites
ARCHEEN et/ou PROTEROZOIQUE	
	Amphibolite, gneiss riches en hornblende et/ou biotite, schistes
	Sites de rééchantillonnage
	Anomalie de terres rares

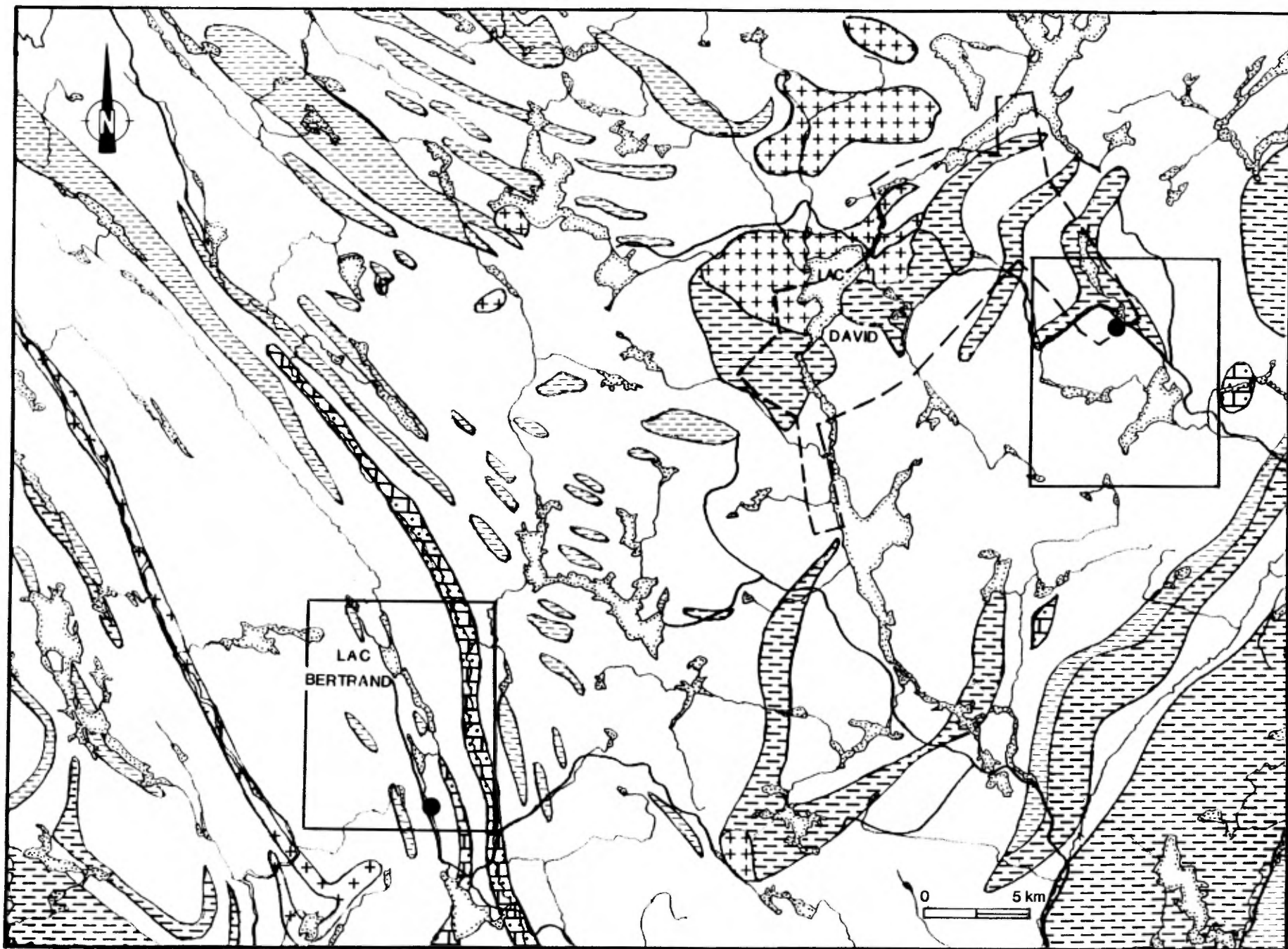


FIGURE 10 : Situation géologique de la zone du lac David.

Légende :



Migmatites à trame de paragneiss

Amphibolite, gneiss riches en
hornblende et/ou biotite, schistes

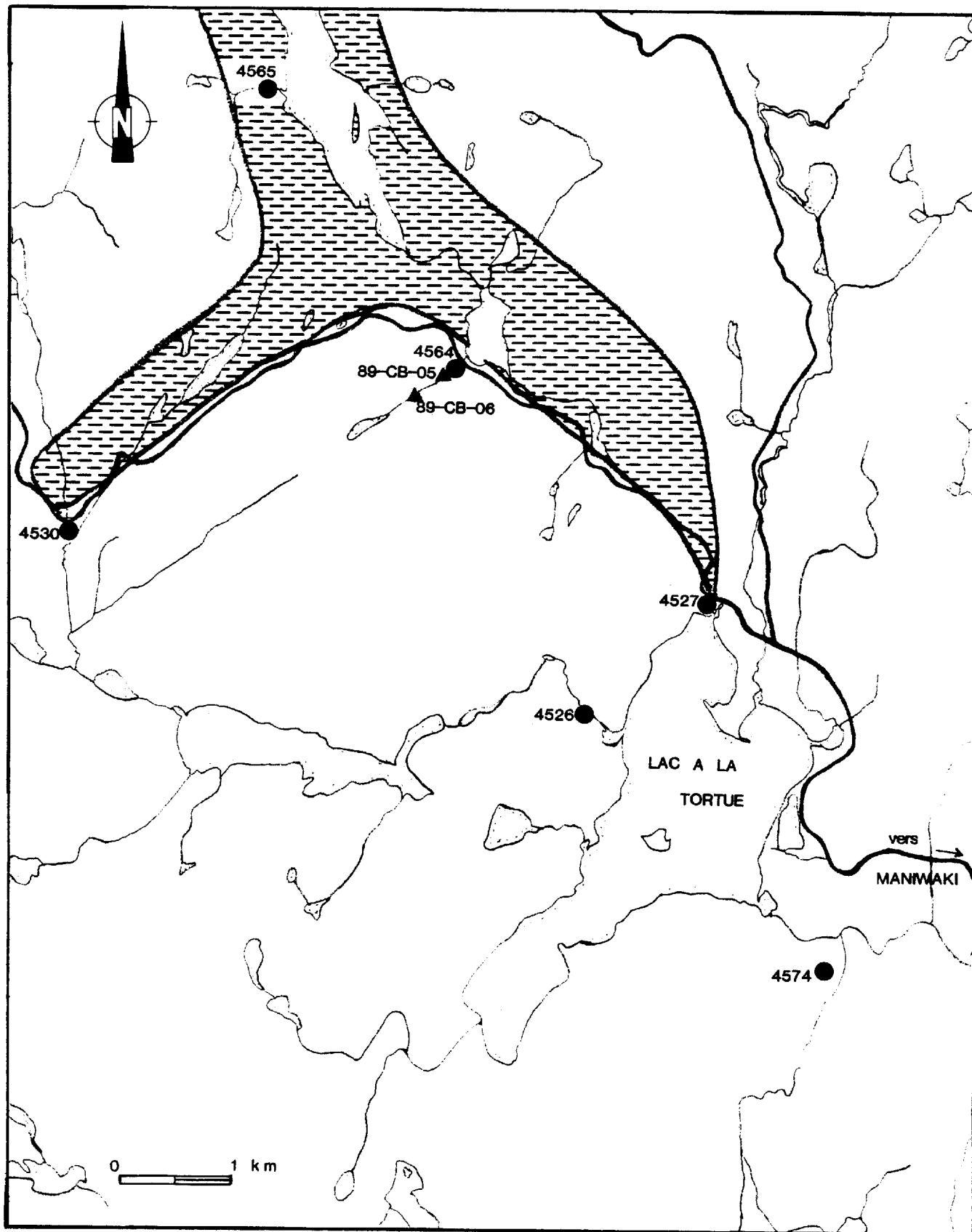
Sites de rééchantillonnage



Echantillons du Ministère

Echantillons voisins de CB-05 et 06

Num	Ca	Ce	Eu	La	P	Sm	Th	U	Y
4526	41	50	6	24	1495	3	7	72	9
4527	69	38	8	19	2715	3	5	92	14
4530	135	84	20	35	5350	9	13	61	27
4564	298	268	39	135	2850	19	28	151	36
4565	421	295	52	142	8190	25	28	107	46
4574	57	44	7	20	2014	3	6	0	10



des concentrations élevées en terres rares, en uranium, en métaux de base : le rapport Phosphore /Terres rares est très faible et le fractionnement est parfois relativement faible (échantillon 25587).

L'observation des concentrés lourds (échantillon 25586) montre la présence de sphène abondant, orangé et subanguleux, ce qui témoigne d'un transport sur une faible distance. Le diopside et des silicates de métamorphisme témoignent de la présence probable d'intrusions : il s'agit probablement de syénites alcalines.

b. anomalie en terres rares du Lac David (ech 5 et 6)

La zone anomalique du Lac David (fig 9 et 10) est située au Sud-Ouest de Grands Remous ; il s'agit de la principale concentration de terres rares observées dans la Gatineau. Elle se distingue en particulier de la zone E Baskatong par l'absence d'uranium. Des métaux de base lui sont associés, et en particulier du Zn et du Cu dans la fraction détritique .

Les prélèvements ont été réalisés immédiatement en amont du point 24564. Ce point très anomal montre un excès des terres rares par rapport au phosphore dans les minéraux lourds et un fractionnement des terres rares très fort. Le bassin versant est de petite taille. Cependant, il n'apparaît pas de différences sensibles entre les deux points d'échantillonnage, l'un sur la roche dure (ech. 6), l'autre prélevé au fond de la vallée (écht. 5), où l'influence des dépôts glaciaires se font sentir: il s'agit donc d'une anomalie très régionale.

Les concentrés de minéraux lourds montrent l'abondance des grenats (40 %), des pyroxènes (15 %) et de l'ilménite (25 %). Le sphène est abondant. La phase à densité moyenne (fig. 12) contient du quartz en abondance, des amphiboles et des pyroxènes. L'apatite est présente. L'étude de l'échantillon initial (24564) du MERQ montre une composition mixte entre ces deux phases, avec quartz, grenat, diopside, amphibole titanifère, ilmenite, chloro-apatite (incolore automorphe fraîche), zircon et sphène gris-vert et rouge. Sur le plan géochimique, on observe des valeurs élevées en terres rares, strontium et nickel (fraction grossière)

Il apparait ainsi clairement que la forte anomalie en terres rares observée en ce point est vraisemblablement due à la présence de sphène et d'apatite. Les analyses en EDS montre qu'il s'agit de chloro-apatite. Le sphène présente deux habitus, en amas cristallin beige-verdâtre, peu translucide et brun-orangé, arrondi.

On notera que certaines anomalies en U-Th peuvent être dues à des remaniements par la mer de Chaplain (Breckenbridge. près de mines Yates, secteur d'Otter Lake) dans les berges les plus basses (Hogarth et al., 1983)

53. Expression minéralogique

On considère généralement que les principaux porteurs de terres rares dans les roches crustales sont le sphène, le zircon, l'allanite et la monazite (McLennan, 1989). Mais les terres rares peuvent être concentrées dans de nombreux autres minéraux : apatite, épidote, voire même grenat. Nous envisagerons successivement les différentes fractions.

531 Fraction lourde

P, Ca, W, Sb, U, certaines terres rares moyennes et lourdes (Y, Eu, Tm) sont plus concentrés dans la fraction lourde que dans la fraction fine. Leurs supports minéralogiques sont donc des minéraux lourds : c'est le cas pour la monazite, concentrées en phosphore, en calcium et souvent en europium. Par contre, les terres rares légères (La, Ce, Sm), le thorium ne montrent pas des concentrations plus élevées en moyenne dans l'une ou l'autre des fractions, ce qui traduit l'existence d'un autre support minéralogique. On peut penser qu'une partie de ces terres légères, se partage entre la titanite, souvent enrichis en terres rares légères (Foord, 1982), la monazite, l'apatite et les feldspaths.

Plusieurs types de minéraux sont donc des porteurs potentiels des terres rares.

Les grenats sont très abondants dans la fraction lourde ; ils contiennent généralement peu de terres rares, entre 1 et 100 fois le contenu des chondrites, avec un enrichissement en terres rares lourdes. Cependant, leur teneur peut parfois être très élevée . Ainsi, de l'andradite à yttrium a été décrite dans les pegmatites à oligoclase, microcline et quartz du Lac Fortune, dans le Parc de la Gatineau ; il s'agit d'un grenat pauvre en Mn, à Y seul (Hogarth et al., 1983) jusqu'à 2.2 % Y. Ces pegmatites recoupent le batholite de Wakefield et les métasédiments environnants (Kosakowski et Hogarth, 1968).

Pyroxènes et amphiboles contiennent encore moins de terres rares que les grenats, entre 1 et 10 fois, sans fractionnement.

Les silicates complexes de terres rares sont sans doute présents. Dans la région de Palmyre, au Nord du parc de la Gatineau, les pegmatites feldspathiques de Evans-Lou ont fourni de nombreux minéraux de Nb, Y, U et Th, voire un peu de Bi ; la hellandite $(Y,Ca)_2(Si,B,Al)_3O_8 \cdot H_2O$ s'altère en xénotime (YPO_4) . Rimsaite (1982) a décrit l'altération de minéraux uranifère (uraninite et uranothorite) dans la région de Mont-Laurier : ces grains sont remplacés par des gummites ferrifères et des minéraux du titane qui retiennent le thorium, mais laisse partir l'uranium.

L'apatite constitue certainement un porteur majeur. La très forte liaison P, Ca et terres rares traduit sans doute son abondance ; on peut penser que plus de 70 % du contenu en terres rares des minéraux lourds de la Gatineau est porté par ce minéral. La majeure partie des échantillons montre un ratio apparent P/Ca (fonction des unités analytiques) de 40, ce qui correspond très exactement au ratio de l'apatite. Son contenu en terres rares totales est de l'ordre de la centaine de ppm. Le fractionnement La/Y est variable, parfois très élevé.

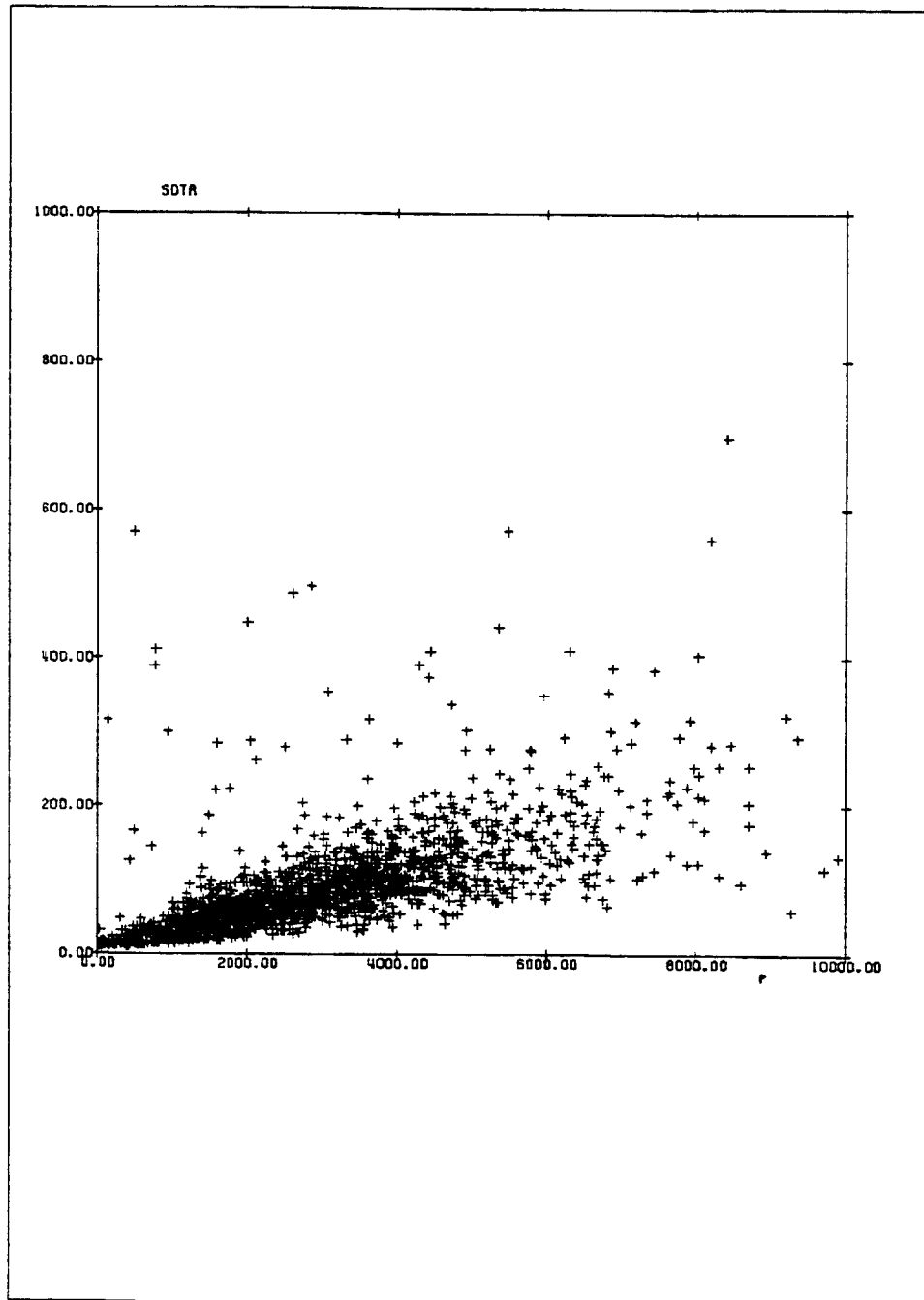


Figure 11 Relation somme des terres rares - phosphore dans la fraction fine

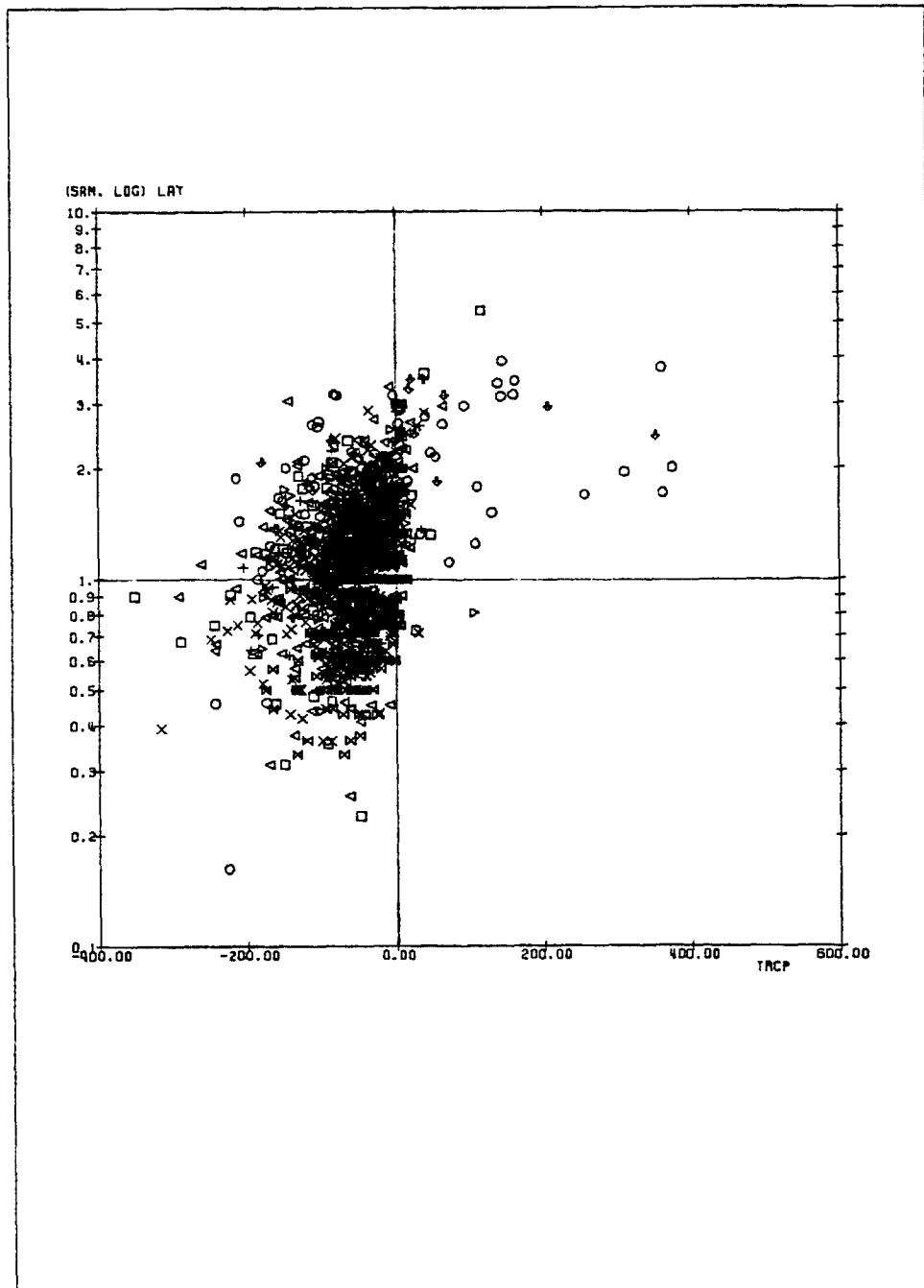


Figure 12 Relation entre le fractionnement (LaY) de la fraction lourde et le contenu en terres rares corrigé de la fraction piégée avec le phosphate (apatite)

Dans la fraction lourde, on observe une très bonne corrélation générale entre la somme des terres rares et le phosphore (fig. 11). Dans le détail, la corrélation est meilleure pour les terres rares légères que pour les terres rares lourdes. Le calcul d'une nouvelle variable par régression des terres rares sur le phosphore (TRCP) fait ressortir les échantillons riches en terres rares sans phosphore (fig. 12) ; ces échantillons montrent également un fort fractionnement La/Y. Il existe donc deux types d'enrichissement en terres rares dans la fraction lourde :

(1) des échantillons pauvres en Phosphore, avec un fort rapport La/Y ; il s'agit de sphène, d'oxydes de terres rares, ou de phosphates très hydroxylés, ou de carbonates : florencite, rhabdophane.

(2) des échantillons riches en Phosphore, avec un faible rapport La/Y ; il s'agit d'apatite ;

Ces deux types de concentrations peuvent être mise en relation avec les deux grands types d'indice de terres rares connues dans la Gatineau : d'une part, des pegmatites à U-Th-TR-Cu-Mo, avec des terres rares sous forme de sphène ; d'autre part des skarns à P-U-TR, avec des apatites riches en terres rares légères.

Il apparaît ainsi possible de distinguer la source des anomalies en terres rares en analysant les relations entre terres rares et phosphore : le rapport Phosphore/Terres Rares est une indication des principaux minéraux porteurs, et donc de la nature de la source.

Dans la Gatineau, on observe une altération fréquente des grains d'apatite marquée par des cavités de dissolution sur la surface des grains (planche photographique). Cette altération peut être datée grâce à la microflore à diatomées découverte au fond des cavités : ces microfossiles sont de composition siliceuse et fortement cimentés sur leur substrat par un ciment également siliceux. La petitesse des individus et le genre déterminé montrent que ces diatomées vivent en eaux douces et peuvent être rencontrées actuellement dans les rivières. La dissolution des apatites est donc d'âge très récent. Elle est certainement plus jeune que la formation du réseau hydrographique daté de moins de 10 000 ans .

Il apparaît donc clairement qu'une partie du phosphore et des terres rares des apatites a été mise en solution. Ce processus peut conduire à un enrichissement résiduel en terres rares (Wiber, 1986), susceptibles de produire de fausses anomalies. Cependant, il y a alors conservation globale du contenu en terres rares.

Un support des terres rares est le sphène, ou titanite : ce minéral CaTiOSiO_4 montre de nombreux remplacements, avec les terres rares (Paterson et al., 1989), Nb (jusqu'à 11 % en poids de Nb_2O_5), Al et V : jusqu'à 50 % du titane peut être substitué (Bernau et Franz, 1987) dans des contextes très métamorphiques. Nous avons tenté de mettre les teneurs en terres rares et en titane en relation. Mais les données disponibles sur le titane sont insuffisantes compte tenu de la limite de détection.

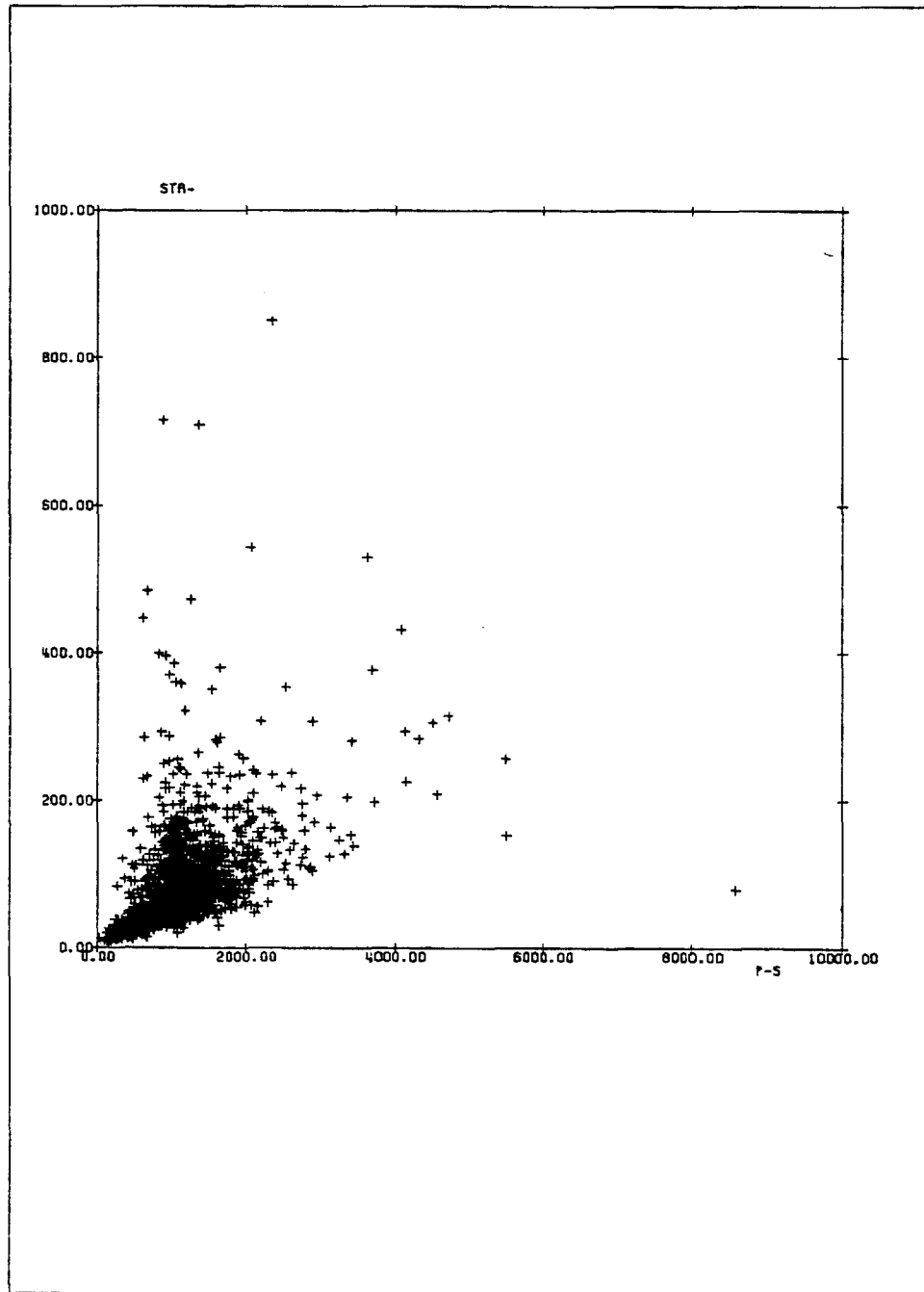


Figure 13 Relation sommes des terres rares - phosphore dans la fraction lourde

La dissolution de la titanite produit de l'anatase, du rutile et un matériel siliceux. L'observation des grains au microscope électronique montre la présence de deux types de sphène :

- le sphène vert montre un émoussé important (échantillon CB05, fraction 2.8-3.3) ; son analyse montre un fort contenu en Fe
- le sphène brun à gris est plus calcique, plus pauvre en titane

	vert	brun	référence	keilhauite
Al ₂ O ₃	2.93	3.86	0-2.15	7.3
SiO ₂	29.79	31.22	29-31	
CaO	23.19	27.31	25-27	
TiO ₂	40.03	34.4	35-40	
Fe ₂ O ₃	4.06	1.9	0-2.5	6.9

analyses de keilhauite d'après Yong, 1938

Le sphène piège des TR et du Nb-Ta ; en général, l'augmentation de Al, Fe, REE se fait en même temps : c'est en partie le cas ici. Cette augmentation est typique des roches acides et des pegmatites (Zabavnikova, 1957). Ce minéral peut donc servir de traceur.

532 Fraction fine

Une double corrélation apparaît entre terres rares et phosphore dans la fraction fine et légère (fig. 13) : la corrélation basse est comparable à celle des minéraux lourds, avec un rapport d'environ 0.05. La corrélation haute correspond à une association à ratio TR/P élevé; elle marque une zone spécifique dans le complexe NE Baskatong, avec des valeurs d'environ 0.25. Ils sont caractérisés par un fort enrichissement en terres rares légères, marquée par un fractionnement La/Y » 1 . Cette augmentation correspond vraisemblablement à un porteur spécifique de terres rares cériques.

533 Fraction chimique

La comparaison des données analytiques sur la fraction fine et la fraction lourde montre que la fraction fine est constituée en partie de petits minéraux lourds : de fortes corrélations apparaissent entre ces deux types d'information. Il est donc souhaitable de retirer la part de ces minéraux lourds dans le signal géochimique de la fraction fine. Pour cela, on a réalisé une régression spécifique pour chaque élément et on retiré par calcul la part de la fraction lourde dans la fraction fine (Jébrak, 1989).

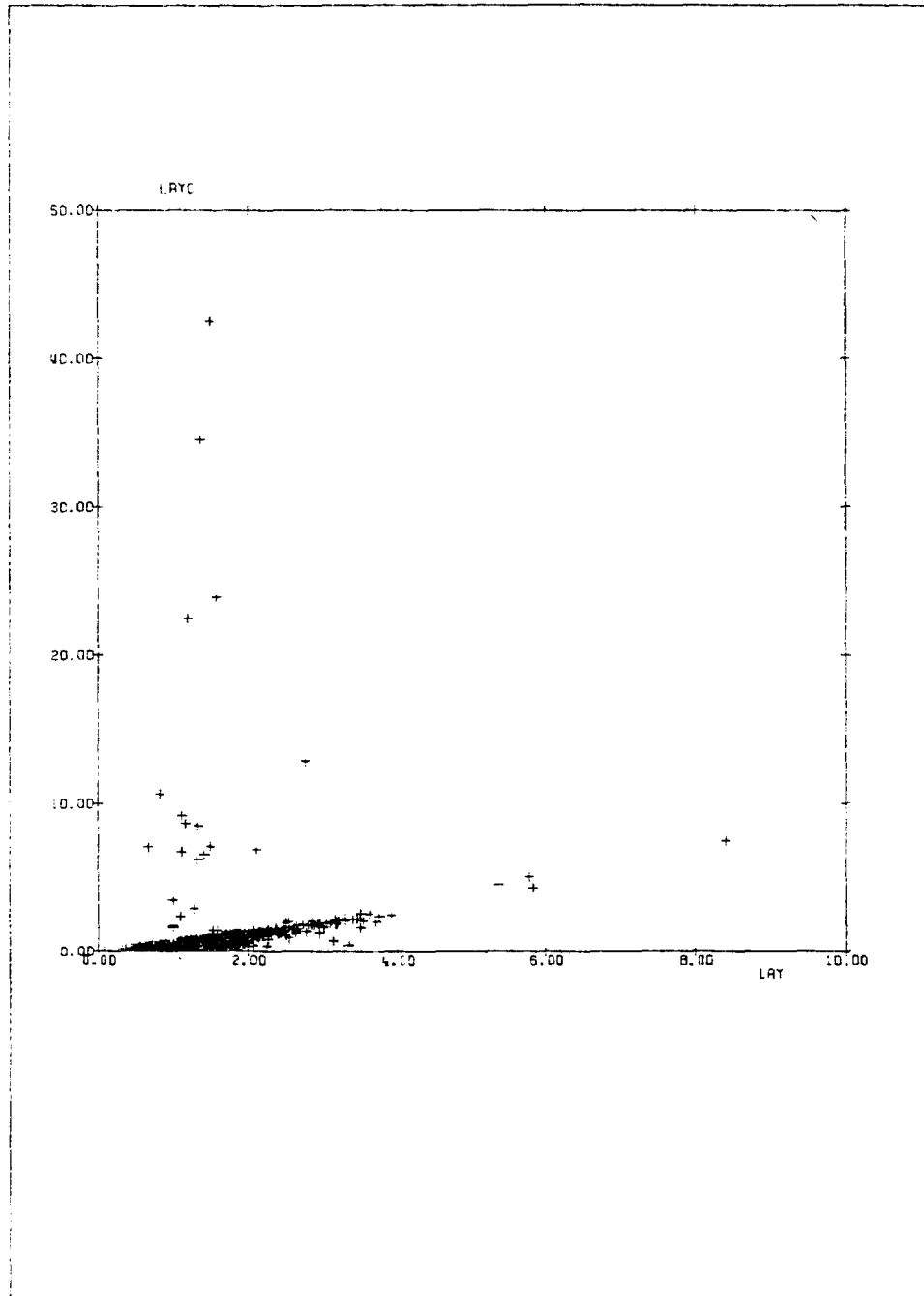


Figure 14 Relation entre le fractionnement des terres rares dans la fraction lourde et le fractionnement dans la fraction chimique, recalculé à partir de la différence entre fraction fine et fraction lourde.

On obtient ainsi la composition de la fraction fine et légère; celle-ci est composée essentiellement de colloïdes, d'oxy-hydroxydes, de matière organique, et de fines particules minérales ; on peut donc considérer qu'elle reflète un transport des éléments sous forme essentiellement chimique, fine particules ou éléments en solutions adsorbés.

Cette phase montre un comportement différent des terres rares. Il apparaît une corrélation du Lanthane chimique (La-C) avec le Baryum (La-C) chimique, et non avec le Phosphore (P-C) ou le Calcium (Ca-C). Cela implique que les terres rares dans la fraction chimique sont piégées dans des minéraux de type mica blanc, et ne sont pas associés à des ferro-magnésiens (épidote) ou à des phosphates comme dans les minéraux lourds.

Certains échantillons sont caractérisés par un enrichissement important en La-C, associé pour une partie des échantillons à Na-C, mais aussi à Th-C (corrélation 0.58 sur les valeurs positives de La-C), Pb-C, V-C ; il n'y a aucune liaison avec le fer, ce qui montre que ce n'est pas un processus d'adsorption. Ces échantillons sont situés au Nord du réservoir Baskatong et sous forme de points isolés ; il n'y a aucun héritage du magmatisme alcalin dans ces échantillons ; ce sont donc des minéraux porteurs tout à fait différents ; on peut penser à des feldspaths ou plus vraisemblablement des micas blancs.

Si on tente une comparaison entre fraction lourde et légère sur chaque échantillon (fig. 14), on observe une très forte corrélation des rapports La/Y. Seuls quelques échantillons montrent un enrichissement particulier du rapport La/Y dans la fraction chimique, ce qui correspond à des composés adsorbés ou des micas blancs très fins.

54. Le diagramme PLAY

Afin de visualiser cette évolution, il est possible de représenter l'ensemble des analyses disponibles dans un diagramme Phosphore, Lanthane, Yttrium (PLAY) qui permet de montrer le lessivage du phosphore par rapport au fractionnement des terres rares. Le report dans ce même diagramme des principaux minéraux concernés permet d'interpréter les évolutions en terme de composition minéralogique (fig. 15).

Ce diagramme permet de visualiser les deux types de comportement géochimique des minéraux de terres rares, le fractionnement magmatique et l'évolution supergène. Le fractionnement des terres rares au cours de l'évolution magmatique est observable tant à l'échelle des échantillons qu'à celle des minéraux : ainsi, les travaux de Fleischer et Altschuler (1982) permettent d'utiliser le rapport La/Y dans les apatites pour en déterminer la provenance (Jébrak et Choiniere, 1989). Lors de l'évolution supergène, le lessivage du phosphore déplace les échantillons résiduels vers le bas ; ce lessivage peut s'accompagner d'une mobilité différentielle des terres rares cériques et yttriques que le diagramme permettra de visualiser.

Le report dans ce diagramme des analyses des minéraux lourds et des sédiments de ruisseaux (fig. 16) montre clairement le lessivage du phosphore ; ce lessivage produit un léger fractionnement des terres rares, avec un enrichissement vers le pôle lanthane : il se produit donc un léger départ des terres rares lourdes.

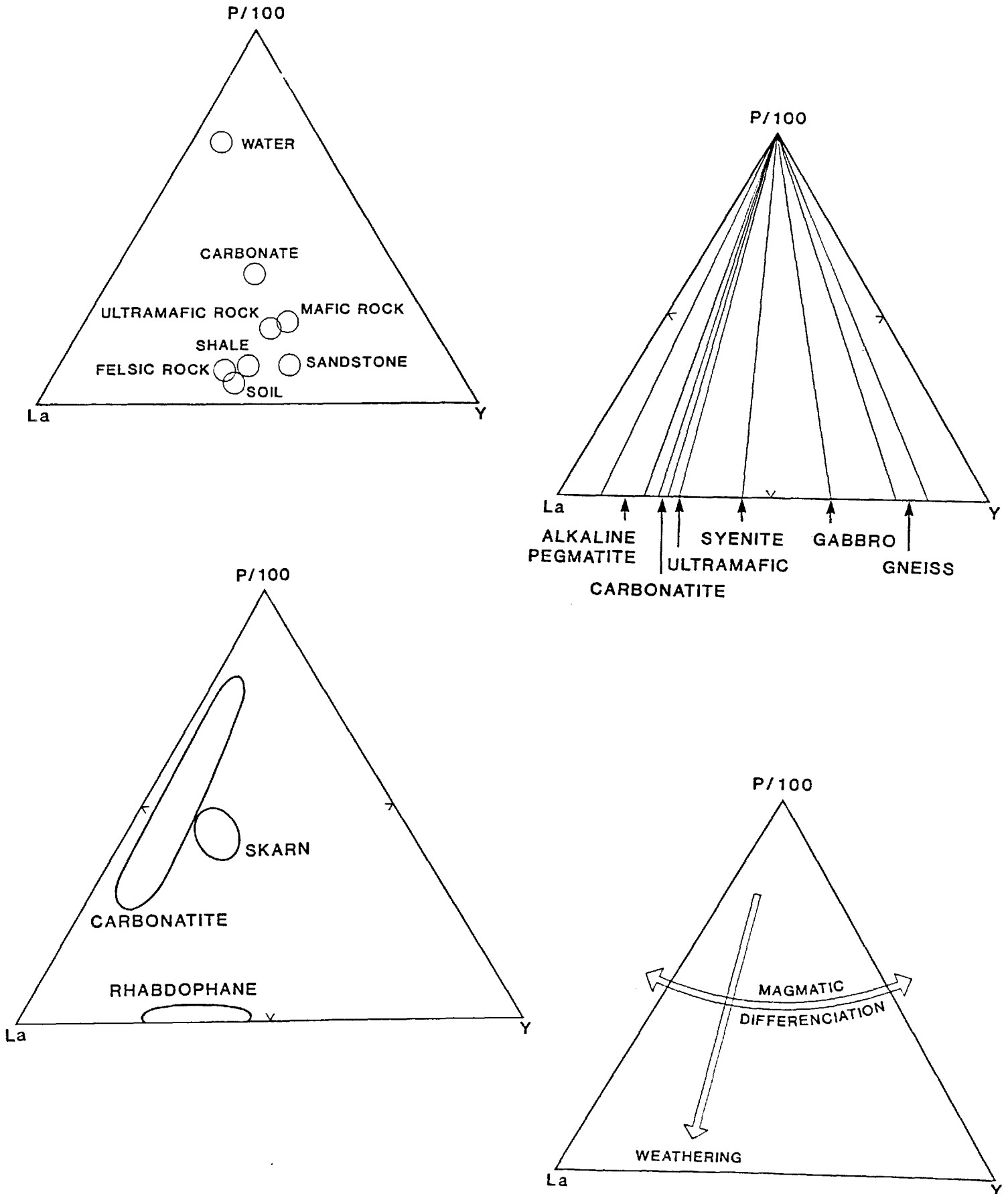


Figure 15 Diagrammes PLAY : position de quelques roches et fluides (valeurs moyennes) ; position de minéraux séparés dans la Gatineau ; rôle relatif de l'altération et de la différenciation magmatique ; position de la composition des apatites (d'après Fleischer et Altschuler, 1982)

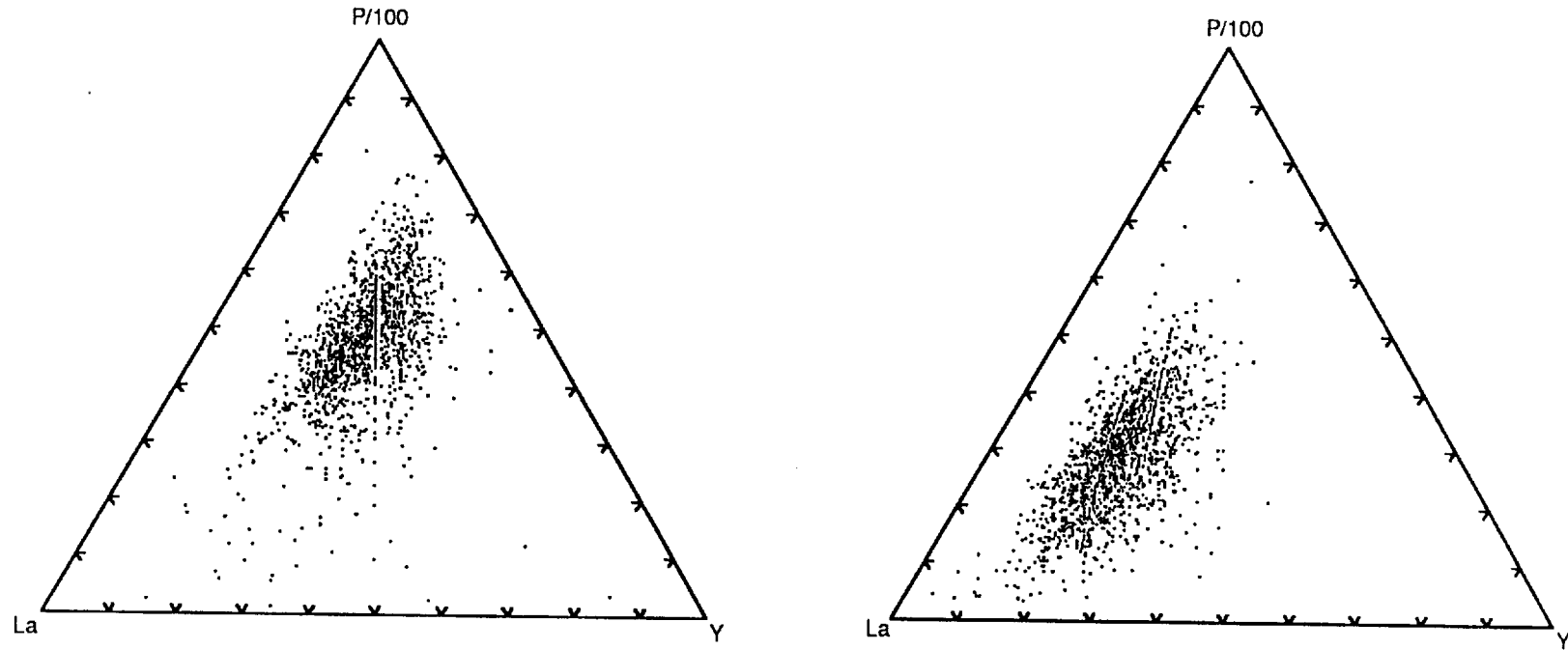


Figure 16 Diagrammes PLAY : comparaison de la fraction fine, riche en P, et de la fraction lourde

6. ANOMALIES EN OR

Le potentiel aurifère de la région de la Gatineau est encore très peu connu. Peu de travaux d'exploration ont visé la recherche de ce métal et il n'existe donc que peu d'informations géologiques permettant de circonscrire des métallogènes régionaux utiles à la prospection de l'or. La région compte un seul gîte notable, la mine New Calumet (gîte 31 F/10-02), dépôt stratiforme de métaux de base auxquels sont associés des métaux précieux. On retrouve également deux petits indices d'or et de tungstène dans le canton d'Onslow à 45 km au Nord-Ouest de Hull (gîtes minéraux 31 F/9-13 et 14).

La prospection géochimique de l'or rencontre plusieurs problèmes. Une forte proportion des échantillons ne contient pas une quantité suffisante d'or pour qu'il soit détecté. Etant donné ces faibles concentrations, il devient difficile de prélever et d'analyser des échantillons vraiment représentatifs des environs des stations de prélèvement. Généralement, les variations locales dues au prélèvement, à la préparation et à l'analyse des échantillons (effet de pépité) sont grandes en regard des variations régionales. Ces sources de variations locales agissent comme un bruit de fond aléatoire qui masque le signal géochimique utile. Ces caractéristiques rendent difficiles l'utilisation de l'or en prospection géochimique, et soulignent la pertinence d'utiliser des éléments traceurs au comportement moins erratique.

6.1. Utilisation des éléments traceurs

L'or a été analysé dans la fraction fine et le concentré de minéraux lourds des sédiments de ruisseaux. Le signal géochimique mesuré dans ces deux fractions est issu de conditions de transport différentes. On admet aujourd'hui que l'or peut être transporté chimiquement en formant des anions complexes en se joignant au chlore, au brome, à l'iode ou au cyanure. L'analyse de la fraction fine des sédiments de ruisseaux mesure cette composante qui s'associe aux oxydes de fer et de manganèse, à la matière organique et aux argiles. Cette fraction détecte également l'or très fin ("flour gold") produit par la précipitation de ces complexes anioniques aurifères. L'or très fin et l'or transporté en solution peuvent se déplacer sur des distances considérables, de l'ordre de la centaine de kilomètres (Boyle, 1979). Il est pratiquement impossible de relier à une source quelconque, ces anomalies transportées sur de grandes distances. Ces anomalies fortement déplacées sont plus susceptibles d'être détectées dans la fraction fine des sédiments de ruisseaux que dans la fraction lourde.

Par contre, la fraction lourde est plutôt représentative de particules arrachées au substratum, et dispersées mécaniquement. Elle est le témoin d'un signal géochimique aurifère composé de particules d'or libre et de sulfures susceptibles de contenir de l'or. Ces grains transportés mécaniquement sont relativement peu mobiles. Boyle (1979) mentionne que les grains d'or grossiers se déplacent sur des distances de l'ordre de la dizaine de

kilomètres. Avec Nichols (1983), ils présentent quelques cas d'étude démontrant l'efficacité de l'utilisation de la fraction lourde en prospection géochimique.

Les nombreuses études géochimiques des gisements d'or à travers le monde ont permis d'identifier un grand nombre d'éléments majeurs et mineurs, indicateurs de concentrations aurifères. Boyle (1979), dans une étude de prospection géochimique des gisements d'or, préconise l'utilisation de l'argent, de l'arsenic et de l'antimoine comme éléments traceurs, du fait qu'ils forment des halos d'enrichissement autour de presque tous les types de gisements épigénétiques. Le sélénium, le tellurium, le bore, le bismuth et le tungstène sont également largement utilisés. Le mercure et le thallium semblent efficaces pour la prospection des gisements récents. Le plomb et le barium sont fréquemment utilisés en prospection du milieu secondaire à cause de leur faible mobilité et de leur tendance à se concentrer à proximité des sources métallifères.

62. Données géochimiques

Les analyses ont détecté de l'or sur un nombre restreint d'échantillons. Pour la fraction lourde, 358 échantillons sur un total de 1665 montrent des concentrations supérieures au seuil de détection de 5 ppb tandis que la fraction fine en possède 268.

La figure 17 présente les histogrammes et les statistiques descriptives des échantillons supérieurs au seuil de détection. L'or est légèrement plus enrichi dans la fraction lourde que dans la fraction fine. La distribution de l'or dans la fraction lourde est plus étalée vers les hautes teneurs. Cette fraction compte 6 échantillons supérieurs à 25 ppb dont 3 valeurs extrêmes à 4067, 805 et 429 ppb. La fraction fine compte 5 échantillons supérieurs à 25 ppb dont 3 valeurs extrêmes à 429, 154 et 112 ppb.

Plusieurs éléments chimiques d'intérêt pour la prospection de l'or sont marqués par d'importantes différences de concentrations entre la fraction lourde et la fraction fine. Cette caractéristique reflète des supports minéralogiques particuliers à la fraction considérée. De plus, pour certains éléments, les échantillons dont les concentrations sont supérieures au seuil de détection sont peu nombreux, traduisant ainsi l'occurrence restreinte d'une minéralogie très particulière (tableau 2).

Le sélénium, l'antimoine et le tungstène sont préférentiellement retrouvés dans la fraction lourde. Le sélénium et l'antimoine sont des éléments chalcophiles, spécialement associés aux dépôts de métaux précieux. Le tungstène est également un traceur de l'or, mais il reflète probablement la présence de minéraux lourds tel la scheelite ou la wolframite.

Le mercure est très répandu dans la phase fine. Cet élément est généralement très mobile et se retrouve sous forme d'ions adsorbés sur la matière organique et les argiles. Le mercure contenu dans la fraction lourde est probablement le témoin de son comportement chalcophile, étant généralement associé à Au, Ag, Sb, Se, Zn, Pb et Cu.

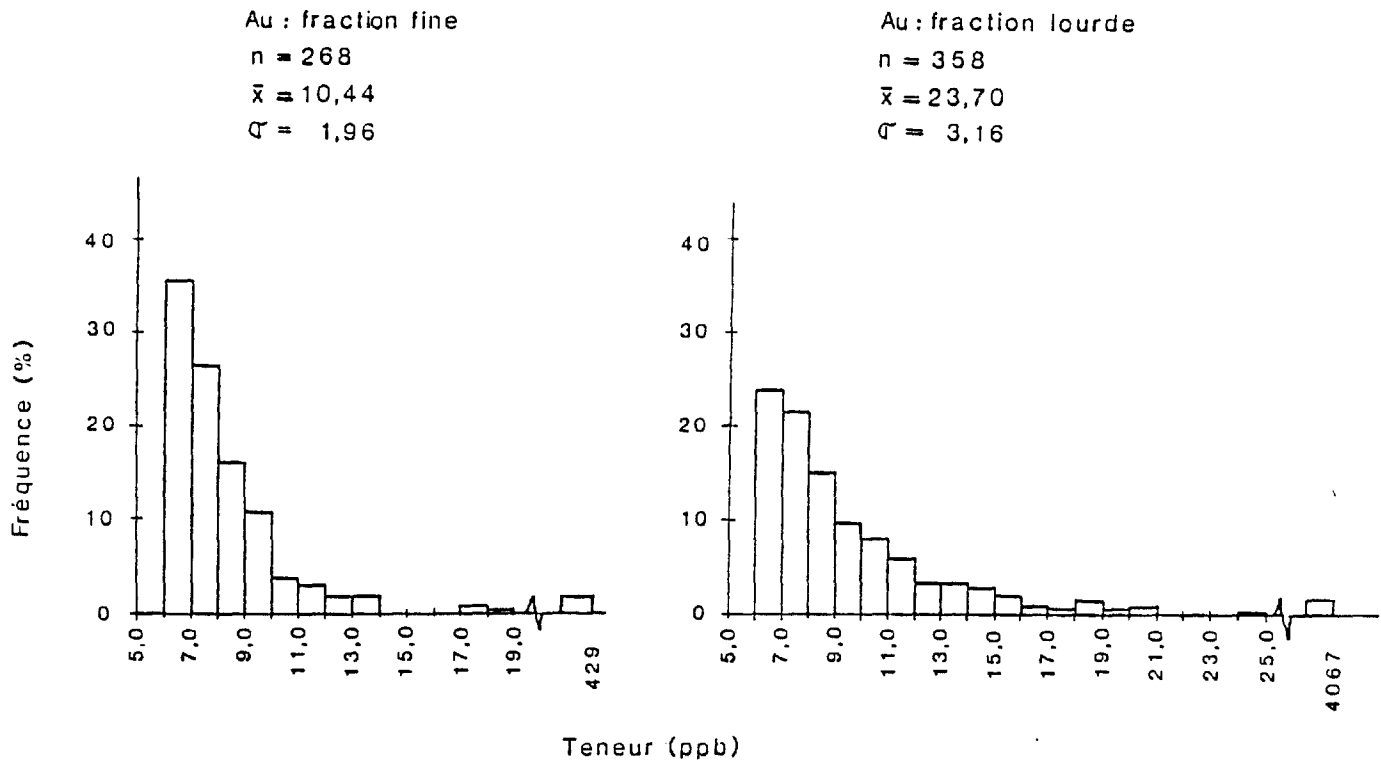


Figure 17 Histogrammes des échantillons ayant des concentrations aurifères supérieures à 5 ppb (fraction lourde et fraction fine)

TABLEAU 2

Moyennes calculées sur les éléments chimiques d'intérêts pour la prospection géochimique de l'or.

Elément	Seuil de détection	Fraction lourde		Fraction fine	
		% d'échantillons < seuil de détection	Moyenne	% d'échantillons < seuil de détection	Moyenne
Ag	0.4 ppm	98.2	0.404 ppm	98.7	0.405 ppm
As	1 ppm	73.8	1.35 ppm	73.8	1.47 ppm
Hg	10 ppb	76.3	14.40 ppb	5.0	76.31 ppb
Sb	2 ppb	1.3	7.98 ppb	52.1	1.69 ppb
Se	10 ppm	24.0	22.30 ppm	91.6	10.03 ppm
W	1 ppm	15.0	4.49 ppm	80.6	1.36 ppm

L'arsenic est légèrement plus concentré dans la fraction que fine dans la fraction lourde. L'étalement vers les hautes teneurs est plus accentué pour la fraction fine. Cela pourrait refléter l'affinité connue de l'arsenic avec la matière organique.

On remarque que très peu d'échantillons ont permis la détection d'argent. Les concentrations sont extrêmement faibles tant dans la fraction lourde (0.5 à 1.4 ppm) que dans la fraction fine (0.5 à 3.2 ppm).

63. Principales associations géochimiques

Parmi les échantillons où l'or montre des concentrations supérieures au seuil de détection de 5 ppb, nous avons tenté de mettre en évidence les liens unissant l'or et les autres éléments de la banque de données. Pour ce faire, nous avons utilisé les corrélations et l'analyse en composante principale.

a. Corrélations

Les coefficients de corrélations sont présentés au tableau 3. Ces coefficients sont généralement très faibles. Pour la fraction lourde, la plus forte corrélation unit l'or à l'arsenic. Sa valeur est de 0.25. L'uranium, le thorium, le sélénium et l'antimoine sont liés à l'or par des coefficients variant de 0.16 à 0.18. Pour la fraction fine, les corrélations sont encore plus faibles. Seul l'antimoine et le tungstène montre une certaine relation avec l'or.

TABLEAU 3
Tableau des corrélations de l'or

Fraction lourde	Fraction fine	Fraction lourde	Fraction fine
Al	***	P	***
As	0.25	Pb	0.13
Ba	***	PAF	***
Br	0.09	Sb	0.12
Ca	***	Se	0.18
Cr	-0.06	Sm	0.09
Cu	0.10	Sr	***
Fe	0.08	Th	0.16
Hg	***	Ti	***
La	0.10	U	0.16
Mg	0.11	W	0.10
Mn	***	Y	***
Ni	***	Zn	***
			0.10

*** : Corrélation inférieure à 0.05

b. Analyse en composante principale.

Les tableaux 4 et 5 présentent succinctement les résultats de l'analyse en composante principale. Des résultats plus complets sont donnés à l'annexe 2. Ils dégagent les principales relations inter-élémentaires dans les fractions lourde et fine pour les échantillons montrant des concentrations supérieures au seuil de détection de 5 ppb.

Notre premier rapport (Jébrak, 1989) a proposé une explication géologique pour les associations chimiques représentées par chaque facteur. Pour la fraction lourde, le facteur le plus important explique la dispersion des terres rares et l'association de celles-ci avec l'apatite. Le deuxième facteur semble lié à l'occurrence d'oxydes métalliques et de grenat. Les autres facteurs traduisent l'influence de minéralisations. Le facteur où l'or est bien représenté n'apparaît qu'au sixième rang, n'expliquant que 5.2% de la variance des données. Il exprime une forte liaison entre l'or et l'arsenic. L'antimoine, le plomb, le thorium et le tungstène sont expliqués de façon marginale par ce facteur.

Les coefficients de corrélation et l'analyse en composante principale démontrent que l'or dosé dans la fraction lourde des sédiments de ruisseaux est lié à certains traceurs reconnus tel l'arsenic, l'antimoine et le sélénium. Le comportement chalcophile de ces trois éléments laissent présager une association de l'or avec des sulfures. De plus, on remarque une liaison avec le plomb et le tungstène. Ils sont généralement reconnus comme de bons traceurs de minéralisations aurifères à cause de leur haute densité et de leur affiliation avec plusieurs types de gisements d'or. Des liens avec l'uranium et le thorium pourraient découler d'une concentration de minéraux très denses et résistants tel le sphène, le zircon, la monazite et l'allanite associés à des grains d'or libre.

Pour la fraction fine, le facteur de variation le plus important correspond à la présence de micas, de minéraux ferromagnésiens et d'oxydes métalliques. Le deuxième facteur correspond à la dispersion des terres-rares et de l'apatite. Le troisième facteur montre l'association mercure et matière organique, ce qui explique les hautes teneurs en mercure mesurées dans la fraction fine. Viennent ensuite un groupe d'éléments ayant deux électrons de valence (Ca, Sr, Mg, Ba). L'or est représenté par le septième facteur qui explique seulement 3.6% de la variance des données. L'antimoine est faiblement corrélé avec ce facteur (0.213), les corrélations des autres éléments sont à peu près nulles.

Nous ne pouvons mettre en évidence aucun lien important entre l'or de la fraction fine et des éléments traceurs. Il est très probable que ce signal géochimique soit issu d'ions adsorbés sur les argiles et les oxydes ainsi que d'or très fin transporté sur de grandes distances. La fraction fine semblerait peu utile à la prospection géochimique de l'or.

TABLEAU 4

Résultats d'analyse en composante principale:
Fraction lourde (358 échantillons)

Facteur	% variance expliquée	Eléments définissant le facteur
1	23.1	Ca, P, La, Sm, Y, Sr, Th
2	12.8	Al, Cr, Fe, Mn, Ti
3	11.1	Ni, Cu, Zn, Fe, Pb
4	6.6	W, Se, U
5	5.7	Br, Sb
6	5.2	As, Au, (Sb, Pb, Th, W)
7	4.9	Hg, Pb

TABLEAU 5

Résultats d'analyse en composante principale:
Fraction fine (268 échantillons)

Facteur	% variance expliquée	Eléments définissant le facteur
1	32.2	Al, Ba, Co, Cr, Cu, Fe, Li, Mg, Ni, Ti, Zn
2	14.8	La, P, Sm, Y, Th, U, (Ca)
3	9.7	Hg, PAF, Br
4	7.1	Ca, Sr, Mg, Ba
5	4.3	W
6	3.7	Se
7	3.6	Au (Sb)

Note: () indique des associations marginales.

64. Estimation d'une nouvelle variable par régression

Nous avons effectué une régression multiple afin d'obtenir une estimation des concentrations de l'or à l'aide des autres variables géochimiques. Nous avons utilisé les échantillons dont les concentrations aurifères sont supérieures au seuil de détection de 5 ppb. Les échantillons montrant des valeurs extrêmes furent écartés.

La régression multiple permet d'estimer une variable dépendante à partir d'une série de variables indépendantes. La variable dépendante est estimée par l'intermédiaire d'une équation qui représente une combinaison linéaire des variables indépendantes. La méthode cherche à minimiser les carrés des écarts entre la droite de régression et les valeurs de la variable dépendante. Nous utilisons une procédure dite pas à pas (stepwise) qui ne fait intervenir que des variables contribuant de façon significative à l'estimation de la variable dépendante.

Les variables intervenant dans l'estimation de l'or dans la fraction lourde sont As, Pb, Sb, Se, Th et Y (tableau 6). Elles permettent d'expliquer 17.3 % de la variance des teneurs d'or. Le coefficient de corrélation est de 0.42. Ce pourcentage de variance expliquée par la régression peut paraître très faible. Généralement, une part importante de la variance de l'or est contenue dans un bruit de fond aléatoire, dû en grande partie aux faibles concentrations qui engendrent des difficultés d'analyse et de prélèvement d'échantillons représentatifs. Il est probable qu'une grande partie du signal géochimique est due au prélèvement de particules d'or libre. Il n'est pas certain que cette partie du signal géochimique puisse être modélisée à partir de traceurs géochimiques, même si la régression fait intervenir le thorium qui représente une composante minéralogique de haute densité.

TABLEAU 6

**Régression multiple de l'or:
Fraction lourde (354 échantillons).**

Coefficient de corrélation multiple 0.42

% de variance expliquée par la régression 17.3%

**Variables Coefficient
indépendantes**

As	1.40
Pb	0.02
Sb	0.11
Se	0.05
Th	0.05
Y	-0.09

Constante 5.52

Source de variation	Degré de liberté	Somme des carrés	Carrés moyens	Coefficient F
Régression	6	830.6	138.44	12.1
Erreur	348	3977.1	11.42	
Total	354	4807.7		

La régression multiple de l'or de la fraction fine fait intervenir le zinc et la perte au feu (tableau 7). Ces composantes ne permettent d'estimer que seulement 1.2 % de la variance des teneurs d'or, avec un coefficient de corrélation de 0.1. Ces résultats semblent confirmer le peu d'utilité de l'or dosé dans la fraction fine en prospection géochimique.

TABLEAU 7

**Régression multiple de l'or:
Fraction fine (264 échantillons).**

Coefficient de corrélation multiple	0.1
% de variance expliquée par la régression	1.2 %

Variables indépendantes

Zn	0.0091
PAF	-0.052

Constante 7.81

Source de variation	Degré de liberté	Somme des carrés	Carrés moyens	Coefficient F
Régression	2	107.99	53.99	2.58
Erreur	261	5492.15	20.96	
Total	264	5600.15		

1649 échantillons

$$\bar{x} = 8,58$$

$$\sigma = 6,82$$

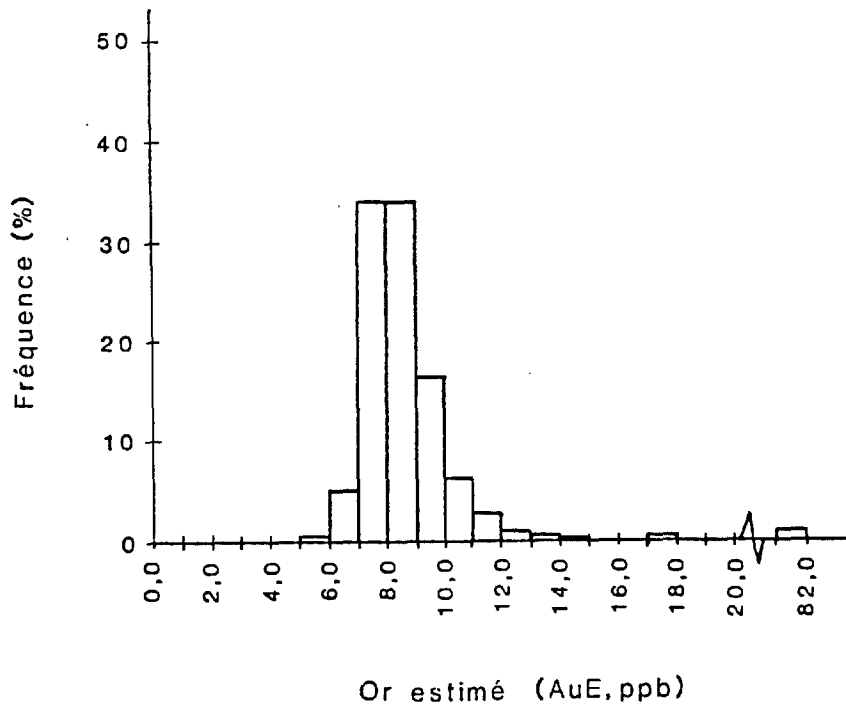


Figure 18 Histogramme de l'or estimé par la régression

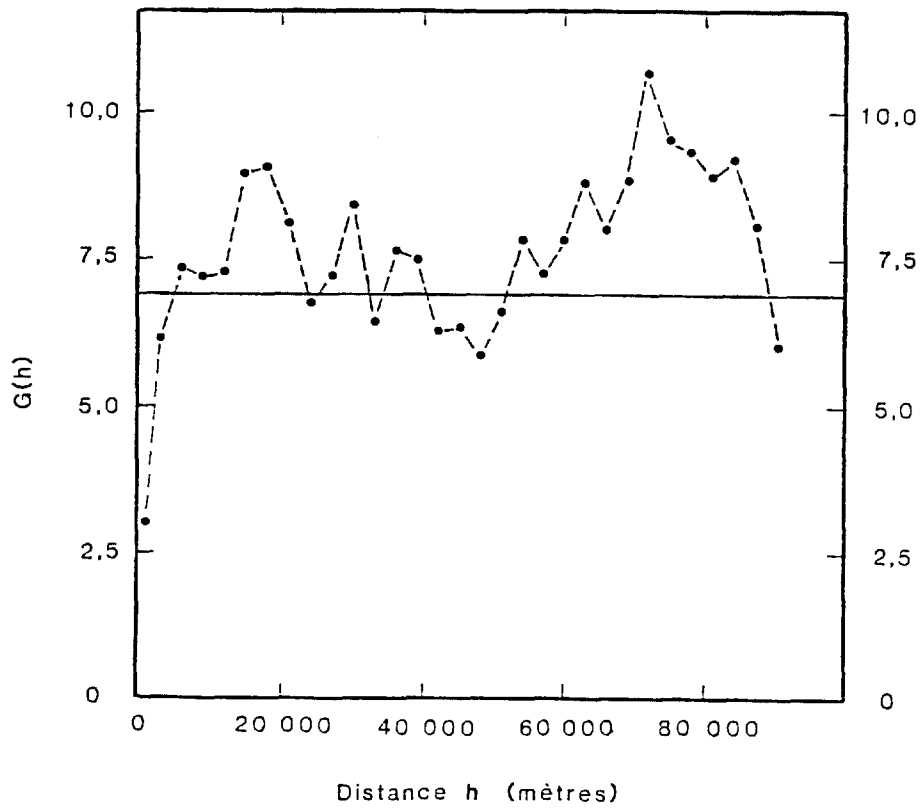


Figure 19 Variogramme de l'or estimé par la régression

La régression, effectuée à partir d'un fichier de données restreint de 354 échantillons, permet de calculer une estimation de l'or pour les 1665 échantillons de la fraction lourde. L'histogramme de l'or estimé est présenté à la figure 18. La distribution est normale et la moyenne de cette variable est de 8.58 ppb. Six échantillons ont des valeurs supérieures à 20 ppb dont 3 atteignent 36, 48 et 82 ppb.

L'estimation de l'or à chacun des 1665 points d'échantillonnage permet la construction d'une carte géochimique de cette nouvelle variable (AuE pour Au estimé). Nous possédons maintenant de l'information sur l'or pour tout le territoire étudié; ce qui n'était pas le cas précédemment avec 358 points où l'or était détecté. Ce grand nombre de points rend possible le calcul d'un variogramme qui permet d'étudier la structure spatiale de cette nouvelle variable (figure 19).

Le variogramme de AuE montre une bonne continuité. L'effet de pépite est relativement faible (2.5) en regard de la variance totale des données (6.89). Les variations se produisant sur des distances inférieures à la maille d'échantillonnage représentent 35 % de la variance des données. La variance $G(h)$ atteint le palier du variogramme à une distance très courte (8 km) en regard de la maille d'échantillonnage (3.2 km). Les sources de variations de cette variable agissent donc très localement; les phénomènes régionaux semblent avoir peu d'influence.

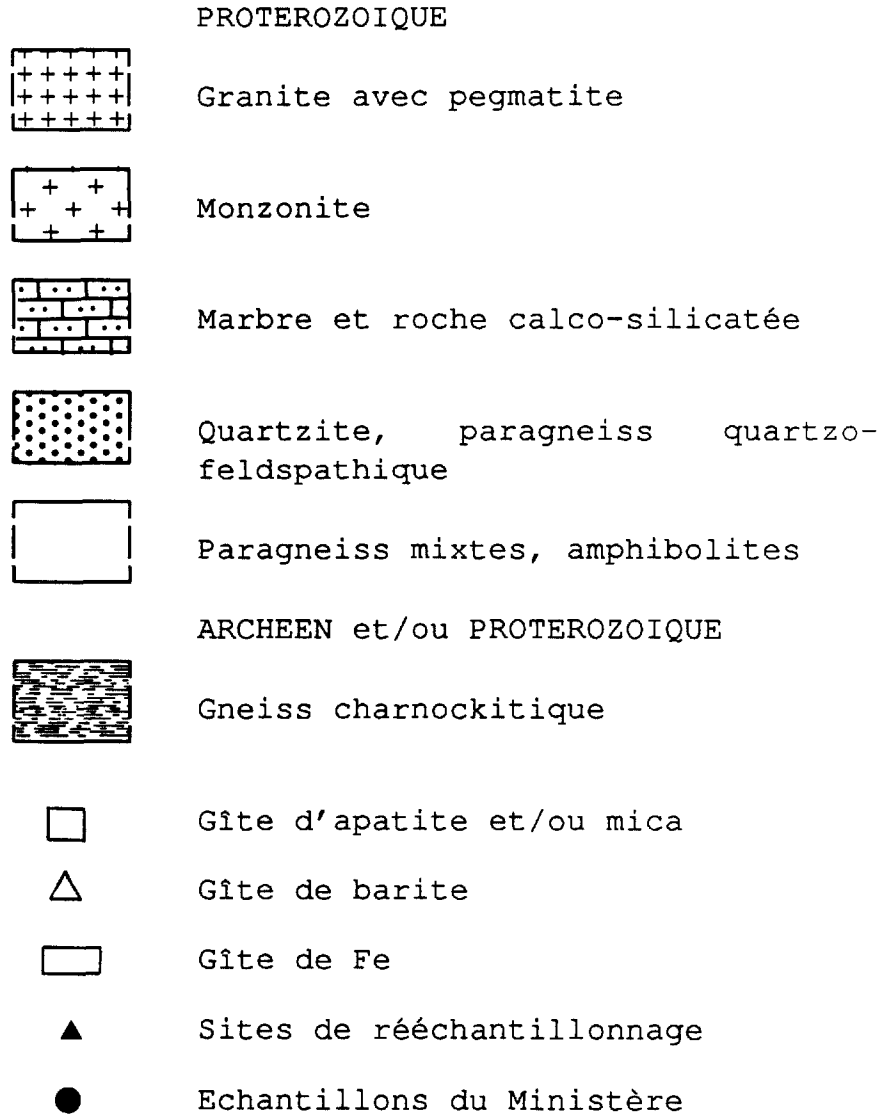
65. Anomalies géochimiques

Les figures 23 à 30 présentent des cartes de l'or et de ses principaux traceurs reconnus dans les sections précédentes. Ces cartes ne montrent que les échantillons dont les concentrations sont supérieures au 98 ième percentile de la distribution. Ce critère de coupure peut varier légèrement selon l'étalement de la distribution et le seuil de détection de chaque élément. Pour l'or, nous avons retenu les échantillons supérieurs au 85 ième percentile de la distribution.

La figure 31 présente une synthèse des anomalies reliées à l'or. Nous avons délimité les aires où se regroupent les échantillons anomaliques et positionné des anomalies ponctuelles les plus fortes.

Tel que mentionné par Choinière (1988), deux aires anormales retiennent l'attention. Elles sont respectivement situées au nord de Hull et à l'est du réservoir Baskatong. Ces deux aires anormales sont également le site d'anomalies en As, Sb, Ag, Hg. De plus du W et du Se sont associés à l'anomalie à l'est du réservoir Baskatong et un échantillon riche en Se est situé au nord du Hull.

FIGURE 20 : Situation géologique de la zone de Gatineau.
Légende :



Echantillons voisins de CB-01 et -02

Num	Ag	As	Au	Cu	Hg	Pb	Sb	Se	W	Zn	AuE	Au-S
4017	4	2	9	3	10	5	9	48	4	8	11.47	5
4018	4	2	6	4	10	3	6	18	4	9	9.44	5
4019	4	1	7	4	25	7	10	19	3	9	8.67	6
4038	4	1	5	4	10	3	4	18	2	9	7.49	5
4069	4	2	8	4	45	4	5	17	5	9	9.12	5
4072	4	3	8	4	10	2	6	20	8	7	10.81	5
4084	4	1	12	6	10	4	8	17	6	11	8.28	7
4085	4	2	6	3	10	3	5	10	3	7	8.96	5
4091	4	2	15	5	10	4	7	10	1	9	8.90	5
4092	4	4	15	4	60	14	7	25	7	9	13.02	5
4093	4	2	12	3	10	3	13	17	3	7	10.07	5
4101	4	4	18	4	10	3	10	10	5	8	12.02	5
4105	4	3	20	3	10	2	9	34	9	7	12.03	5
4125	4	1	5	4	10	4	9	19	3	13	7.70	5

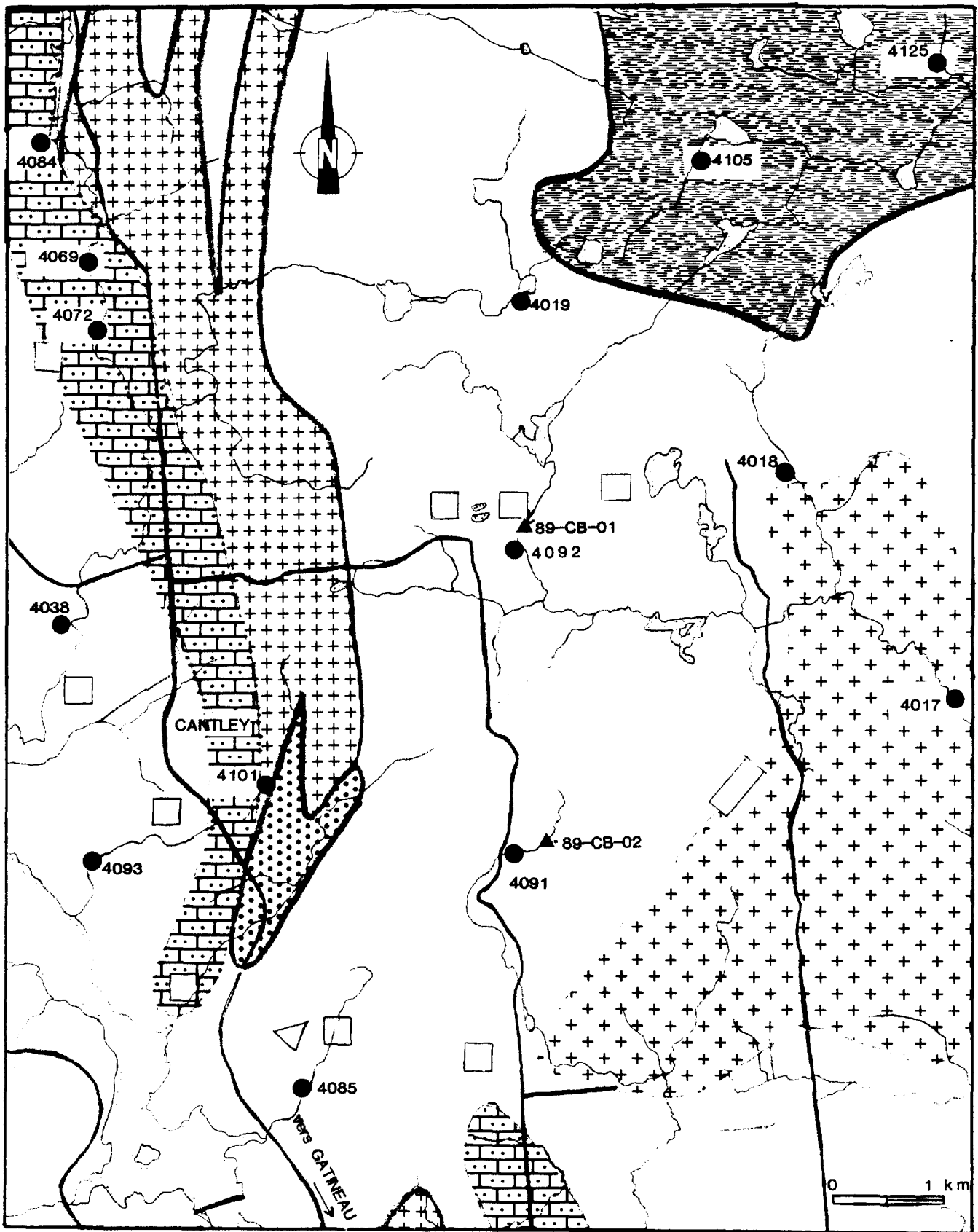
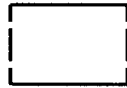


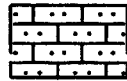
FIGURE 21 : Situation géologique de la zone du lac Bertrand.

Légende :

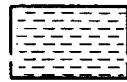
PROTEROZOIQUE



Migmatites à trame de paragneiss



Marbre et roche calco-silicatée



Paragneiss mixtes, amphibolites



Sites de rééchantillonnage



Echantillons du Ministère

Echantillons voisins de CB-03 et 04

Num	Ag	As	Au	Cu	Hg	Pb	Sb	Se	W	Zn	AuE	Au-S
4379	4	2	5	4	10	2	6	10	3	7	8.4	5
4380	4	2	7	6	10	3	12	10	4	10	8.917	5
4393	4	2	5	3	10	2	7	10	1	5	8.694	5
4394	4	1	5	3	10	2	9	10	1	6	7.514	5
4445	4	2	6	3	10	2	8	10	2	4	9.004	5
4485	4	1	5	3	10	2	6	10	1	6	7.276	5
4495	4	1	5	5	10	2	4	10	2	10	7.366	18

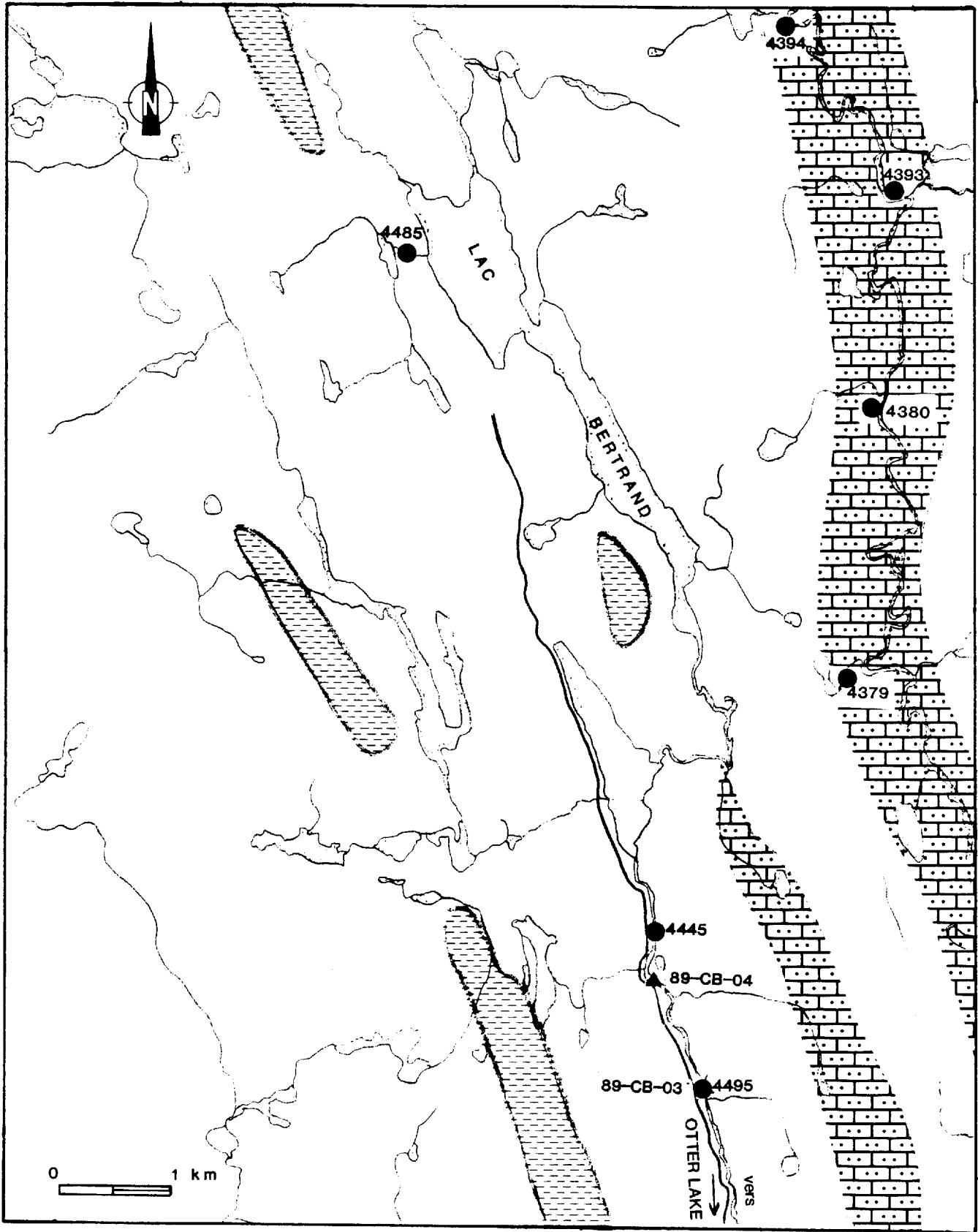
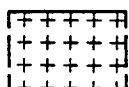
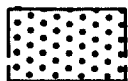


FIGURE 22 : Situation géologique de la zone du lac Roddick.

Légende :



Granite, pegmatite, diorite



Quartzite et paragneiss du niveau supérieur



Marbres du niveau supérieur



Quartzite et paragneiss du niveau inférieur



Amphibolite du niveau de base



Gîte de Zn



Gîte de magnétite-carbonates-graphite



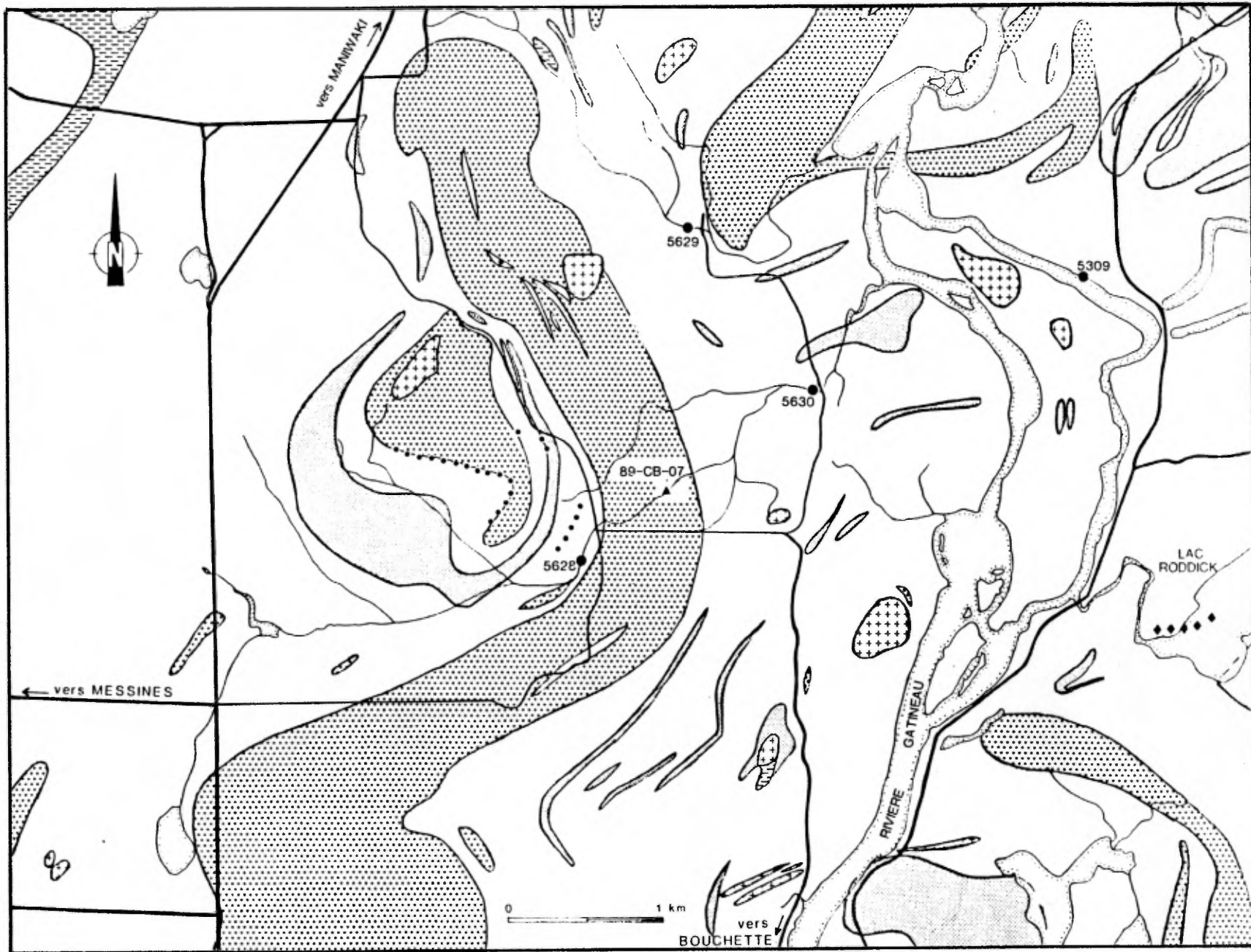
Sites de rééchantillonnage



Echantillons du Ministère

Echantillons voisins de CB-07

Num	Ag	As	Au	B	Cu	Hg	Pb	Sb	Se	W	Zn	AuE	Au-S
5309	4	1	5	4	1	10	2	8	46	5	3	9.964	5
5628	4	1	5	4	4	47	8	11	25	6	54	8.608	5
5629	4	2	5	4	17	10	5	12	39	4	8	10.917	5
5630	4	1	38	4	4	10	4	11	32	5	6	9.218	8



L'intérêt porté à l'aire anormale du nord de Hull réside dans le fait qu'elle constitue une vaste région comptant une forte densité d'échantillons anormaux en or. Parmi ce groupe d'échantillons anormaux, un sous-groupe de 11 échantillons est situés à l'ouest de la rivière Gatineau à la hauteur du village de Farrelton. Aucune autre anomalie géochimique notable ne coïncide avec ce sous-groupe. Ces échantillons proviennent de terrains très plats de la vallée de la rivière Gatineau où l'on retrouve une grande quantité de matériaux meubles transportés. Cette anomalie a donc peu de chance de refléter l'influence de minéralisations situées à proximité. Il en va de même pour les quelques échantillons situés dans la partie méridionale de cette vaste aire anormale. En effet, les principales vallées sont chargées de dépôts meubles et on y exploite plusieurs sablières. C'est le cas de la région de Cantley qui contient plusieurs échantillons anormaux en or.

Nous avons rééchantillonné le secteur de Cantley, légèrement en amont du point 4092 (échantillon 1) et sur le point 4091 (échantillon 2) (figure 20). L'échantillon 1 a fourni une teneur de 882 ppb dans la fraction légère et 21 ppb dans la fraction magnétique : l'anomalie est donc pleinement confirmée ; les fractions lourdes, grossière ou très fine ne présentent pas, par contre, d'enrichissement particulier. Le contexte montre par ailleurs une certaine abondance en Ni, Cr (fraction magnétique), Ca et terres rares, qui pourraient traduire la présence de roches mafiques et d'apatite (skarn ?). Cet environnement semble particulièrement intéressant, bien que le bassin de drainage reste important. L'échantillon 2 est situé sur un autre drainage et ne montre pas d'anomalie.

L'aire anormale de l'est du réservoir Baskatong est située sur une succession de roches métasédimentaires diverses regroupant des gneiss à biotite, des amphibolites, des quartzites et des marbres. Une bande de granite rose traverse ces métasédiments. L'amplitude de l'anomalie aurifère est d'une importance moyenne, les échantillons montrant des concentrations de 9 à 18 ppb. L'anomalie est très étendue et les échantillons peu regroupés. Un regroupement important d'échantillons riches en sélénium est en coïncidence avec l'antimoine, l'arsenic, l'argent et le mercure; de plus, deux échantillons riches en tungstène se retrouvent dans l'aire anormale.

Les plus hautes teneurs en or du territoire sont localisées dans une vaste région comprise entre Maniwaki et Gracefield, à l'est de la rivière Gatineau. Ces anomalies semblent très ponctuelles. Quelques échantillons montrent un enrichissement en antimoine, arsenic et mercure dans cette même région. Nous avons rééchantillonné une petite anomalie à proximité du lac Roddick, à l'aval du point du MERQ 5628 (figure 22). Les résultats (annexe 4) ne montrent pas d'enrichissement particulier, mais une forte concentration du chrome dans la fraction magnétique.

La teneur la plus élevée (4067 ppb Au) fut repérée à l'extrême nord de la région. Elle est flanquée de deux échantillons légèrement anormaux en or. Aucune autre anomalie ne les accompagne.

Sept échantillons légèrement anormaux en or et bien regroupés se retrouvent au sud-ouest de Gracefield. Ils sont localisés le long d'un corridor de déformation qui suit la rivière Picanoc. Un de ces échantillons est anormal en mercure.

Le centre ouest de la région étudiée est l'hôte de deux petites anomalies marginales. La première (la plus occidentale) est représentées par 4 échantillons bien regroupés qui coïncident des anomalies en sélénium et tungstène.

La deuxième anomalie est constituée d'une suite de 13 échantillons succesifs légèrement anomaux en or. Ces échantillons sont disposés le long d'un cheminement de direction sud-est. Quelques échantillons caractérisant le même bassin versant sont anomaux en mercure, tungstène et arsenic.

L'anomalie du Lac Bertrand (Usborne) a été vérifiée (figure 21). Les échantillons 3 et 4 reprennent respectivement l'aval des échantillons 4495 et 4445 : on observe une très forte anomalie au point 4 (=4445), avec 709 ppb dans la fraction lourde. Les autres fractions ne sont pas anomaux, ce qui indique que l'anomalie est clairement lié à un phénomène de pépétisation.

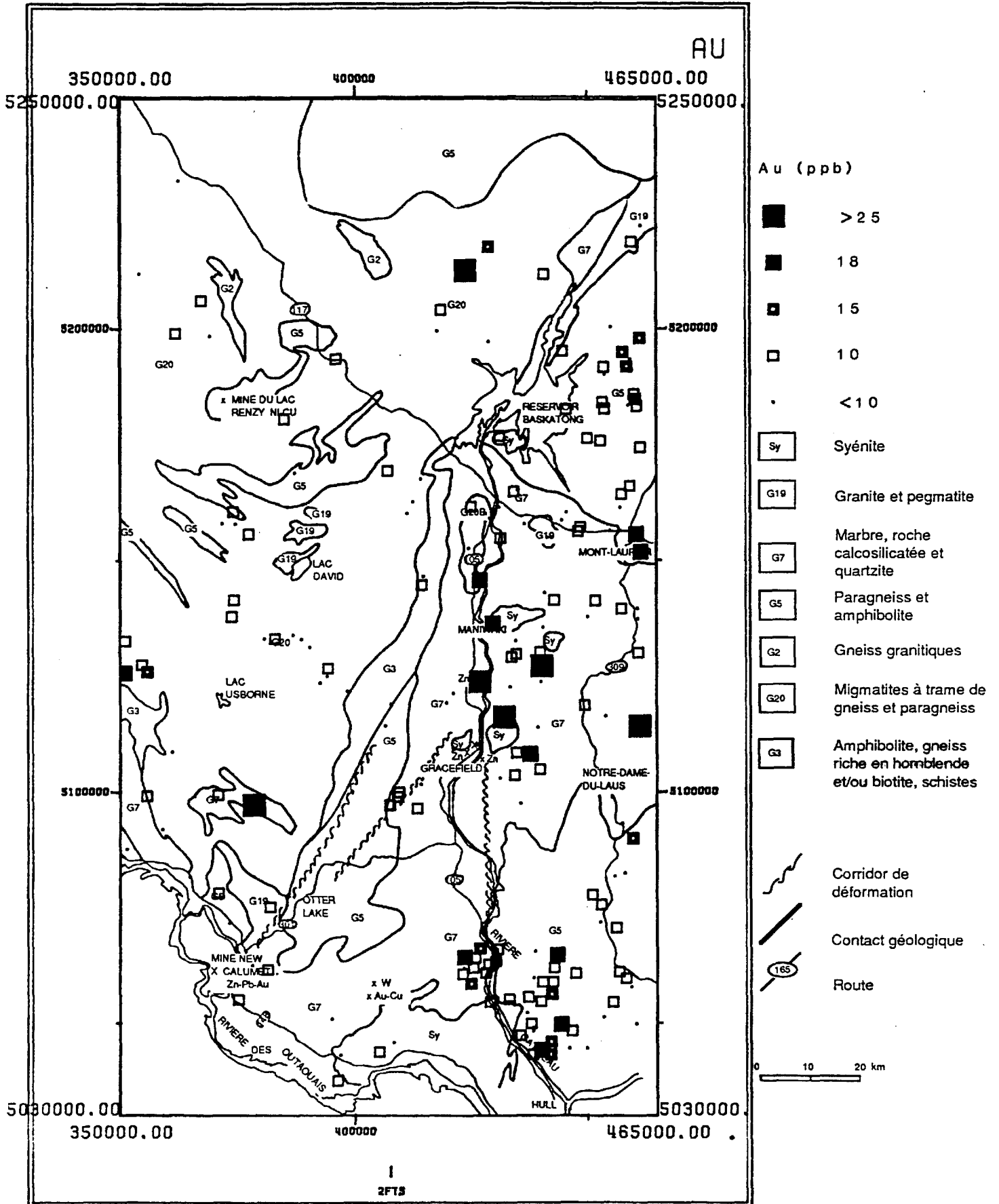


Figure 23 Carte des anomalies Au

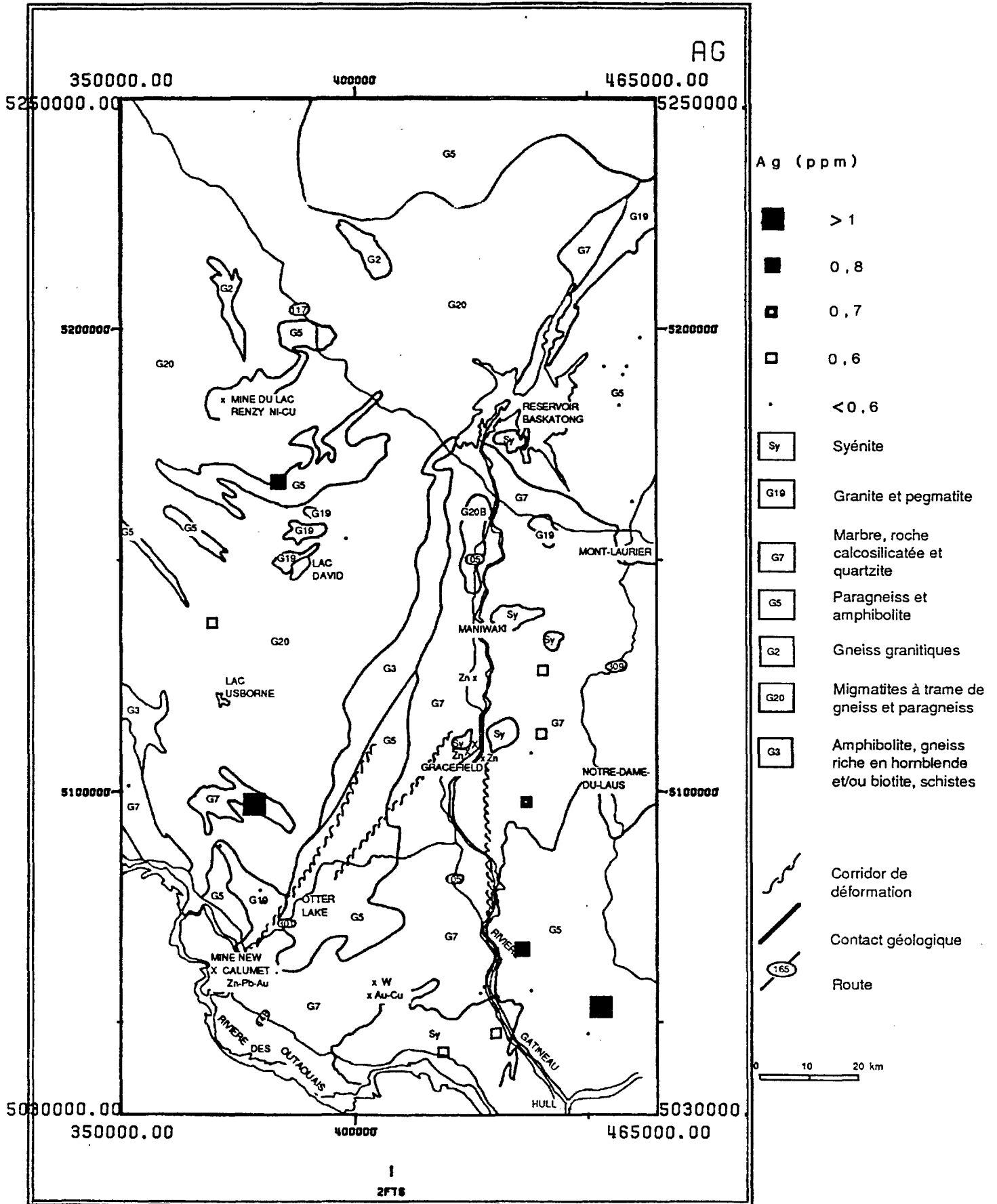


Figure 24 Carte des anomalies Ag

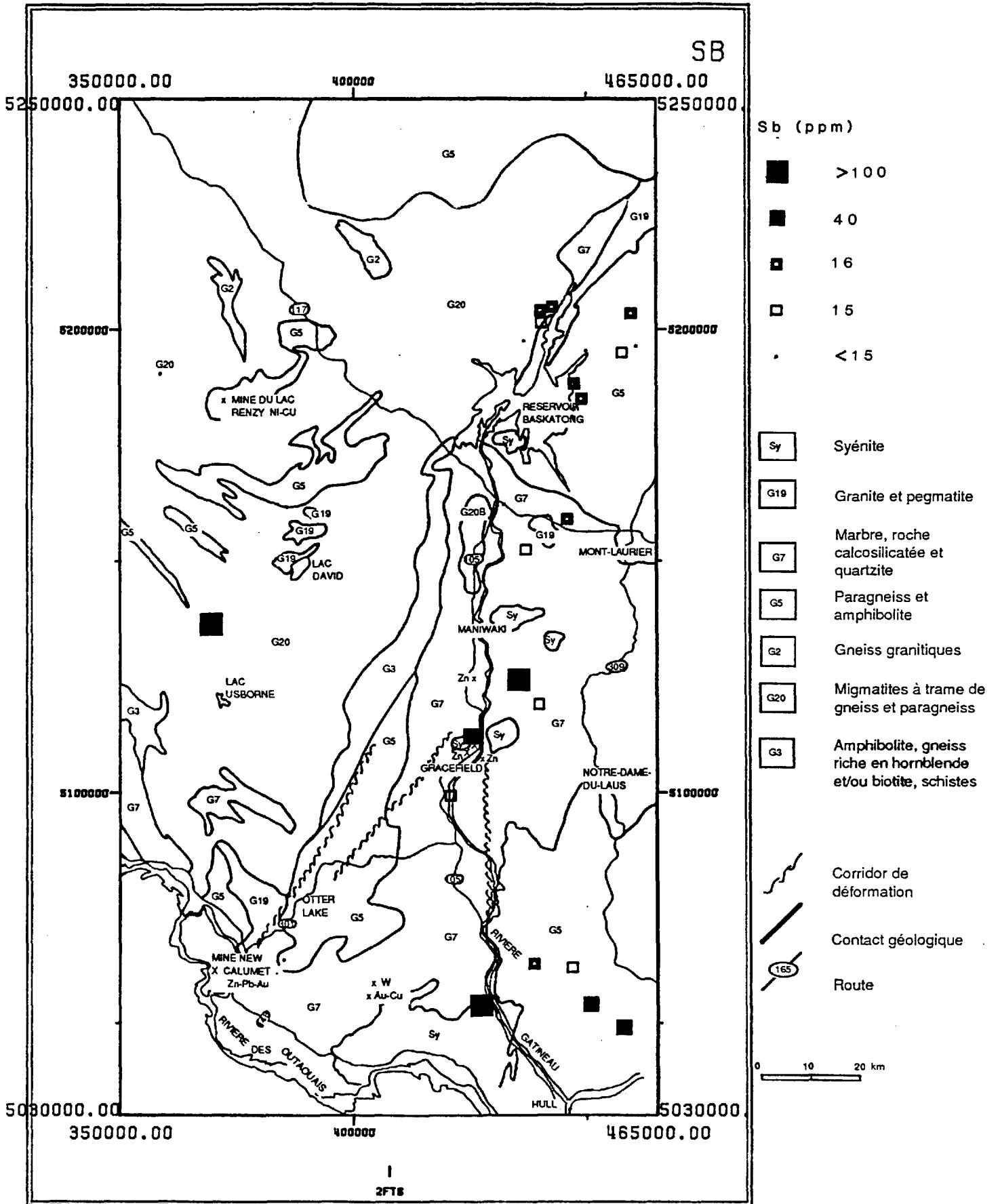


Figure 25 Carte des anomalies Sb

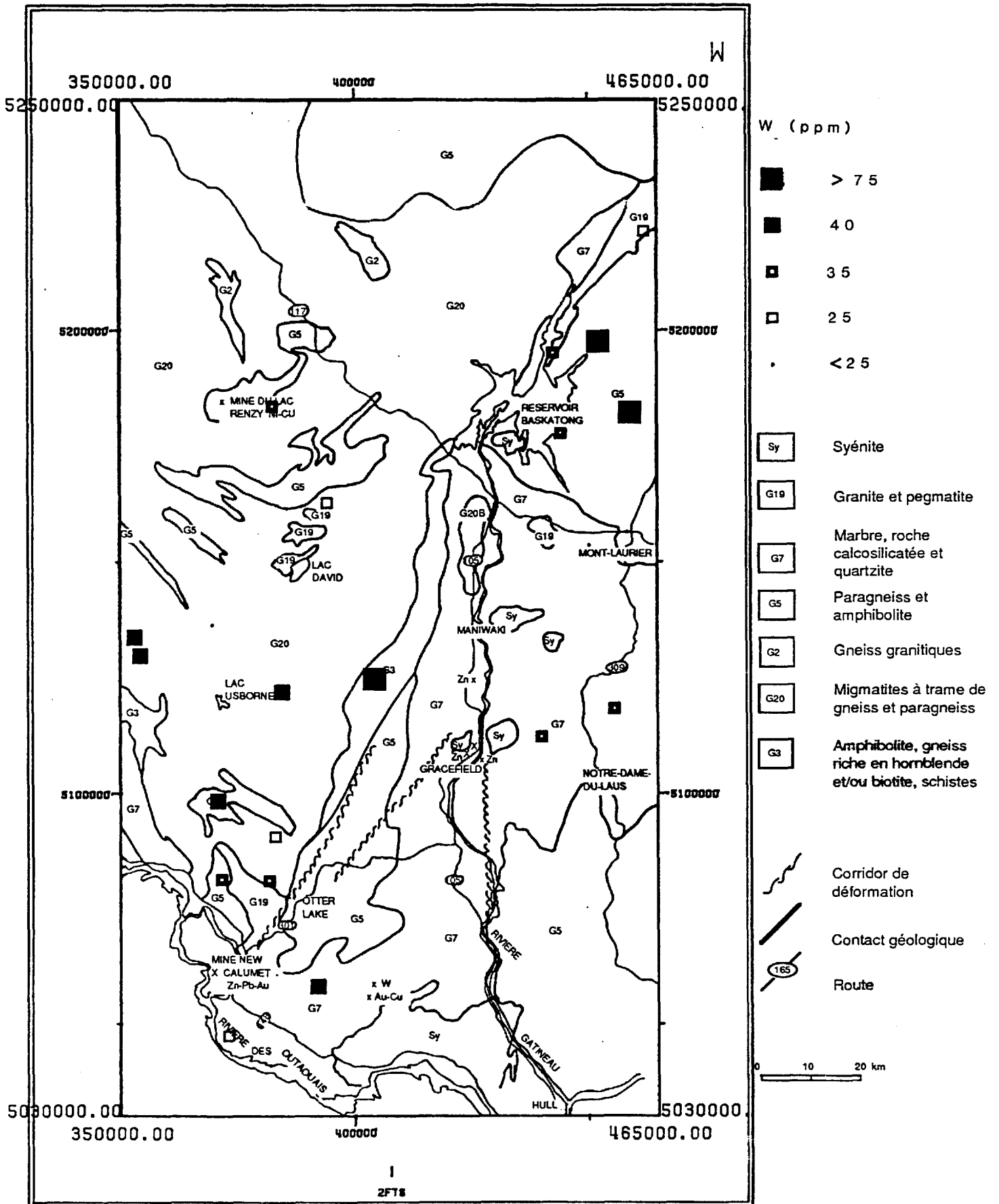


Figure 26 Carte des anomalies W

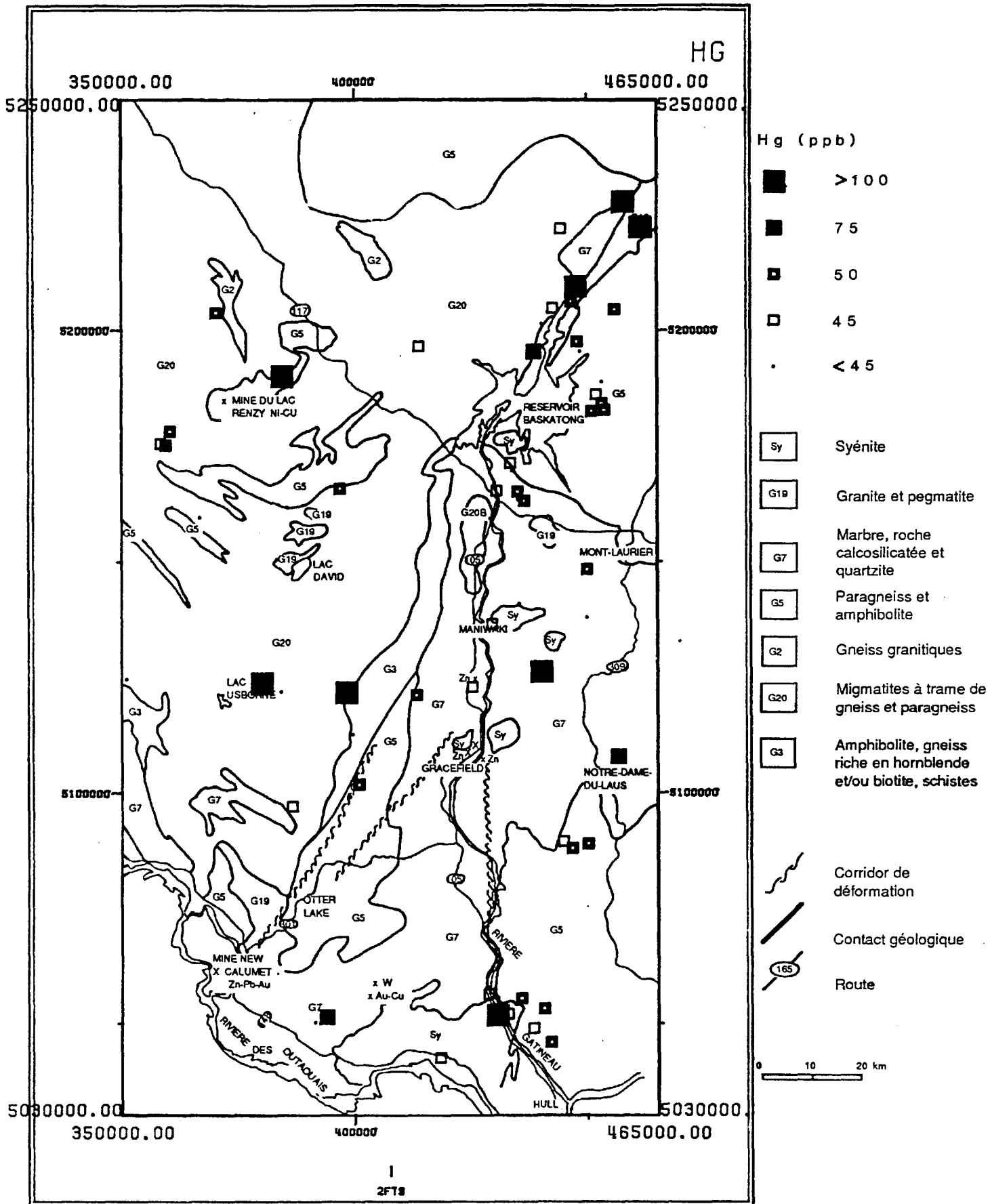


Figure 27 Carte des anomalies Hg

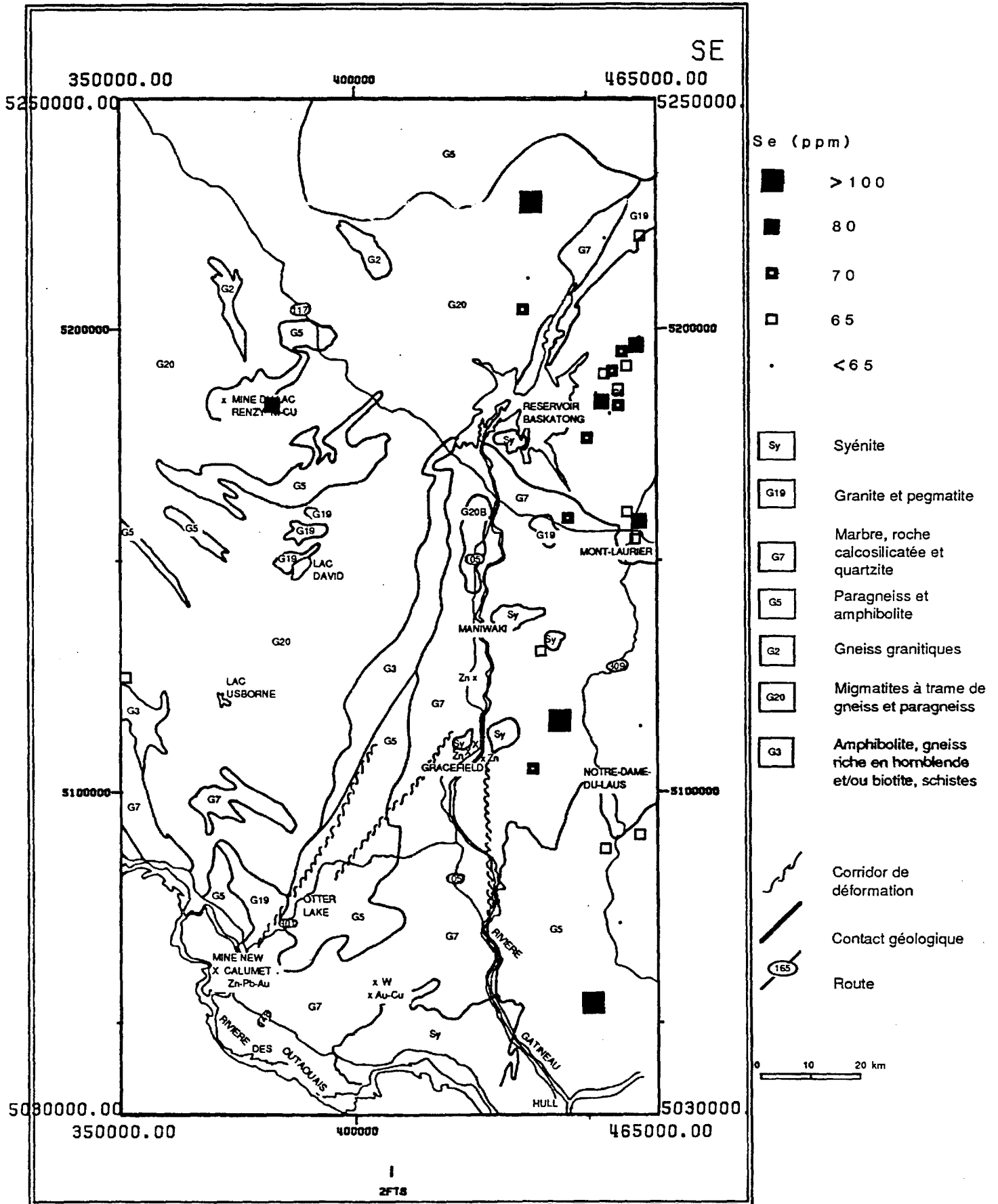


Figure 28 Carte des anomalies Se

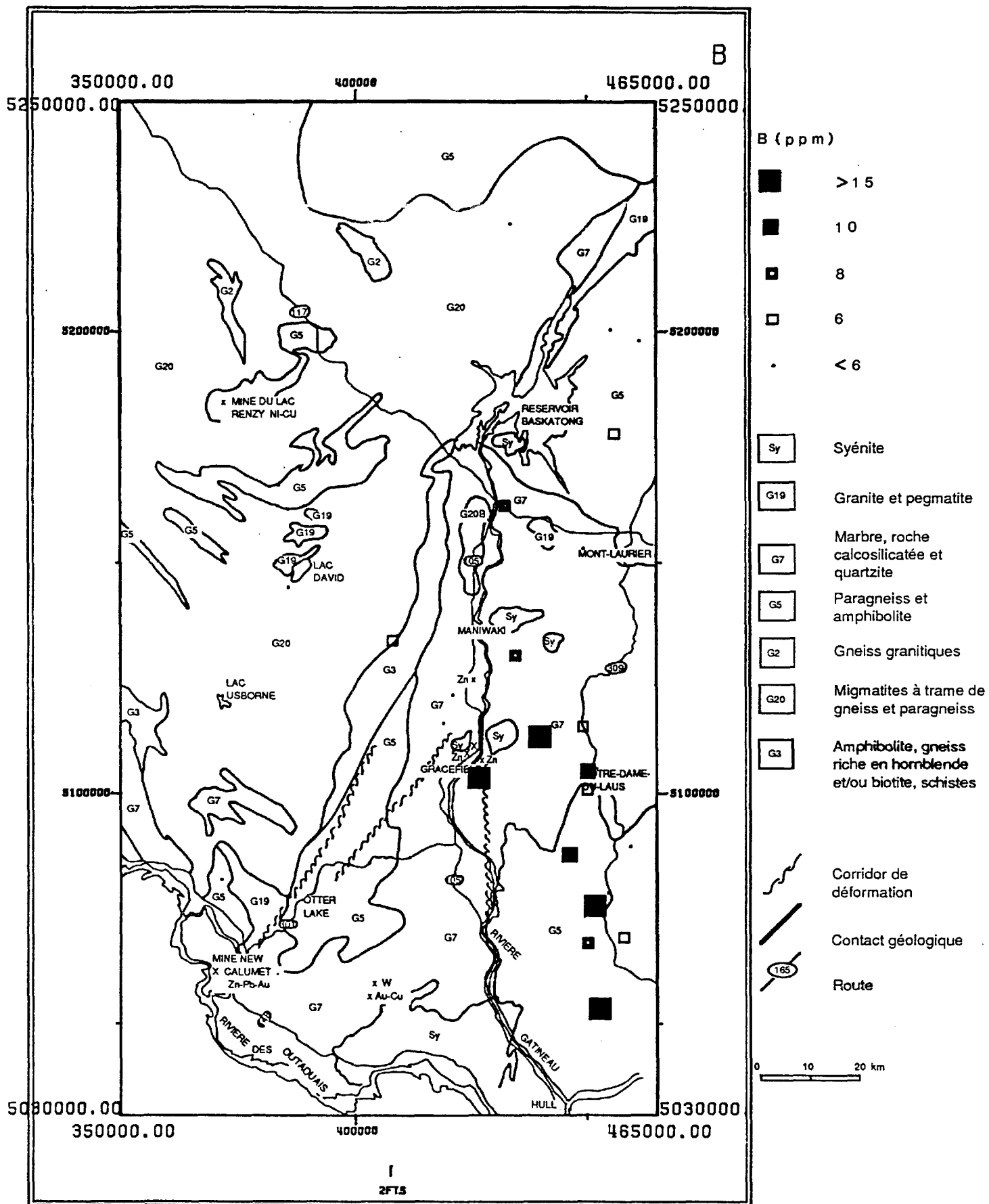


Figure 29 Carte des anomalies B

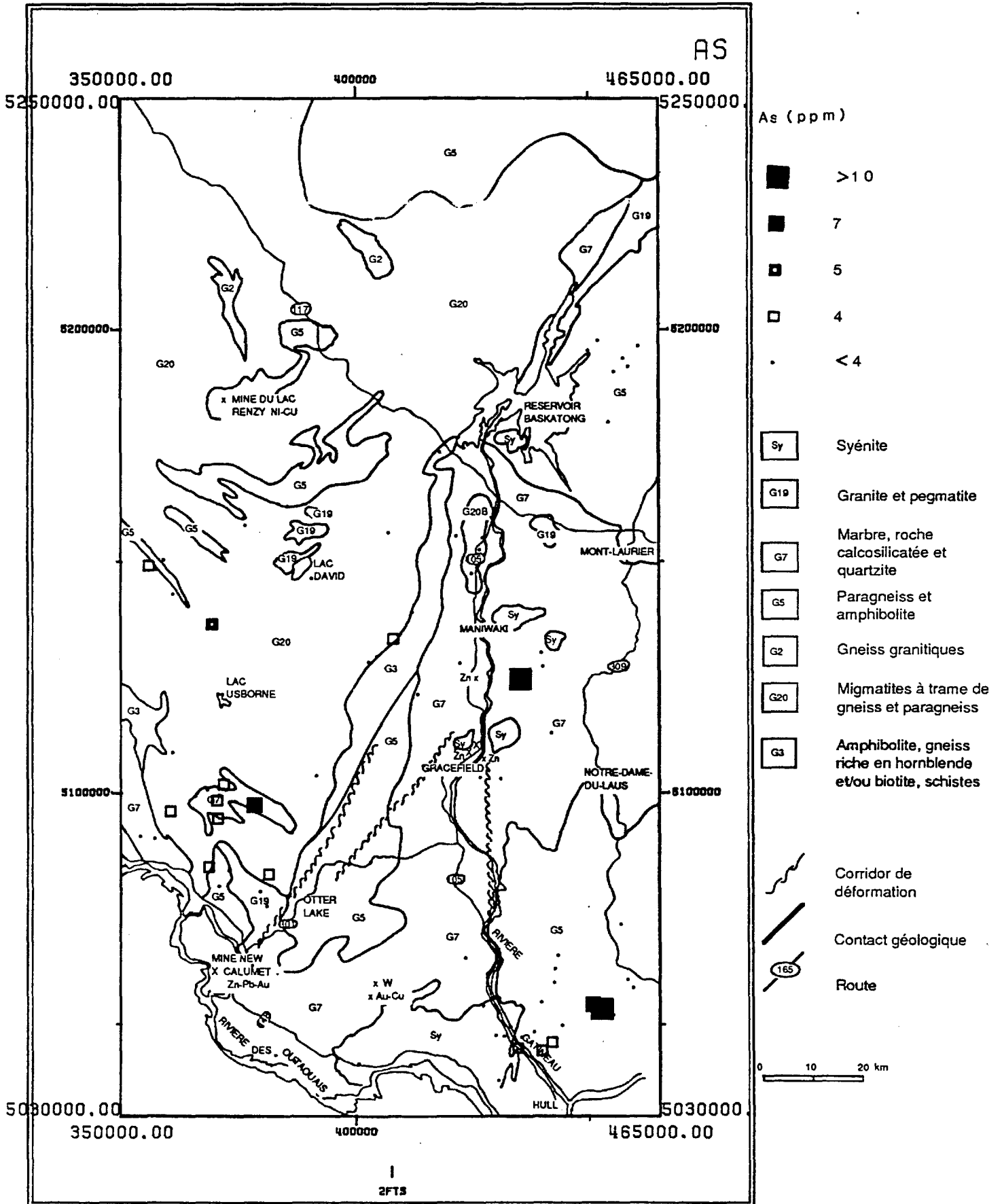
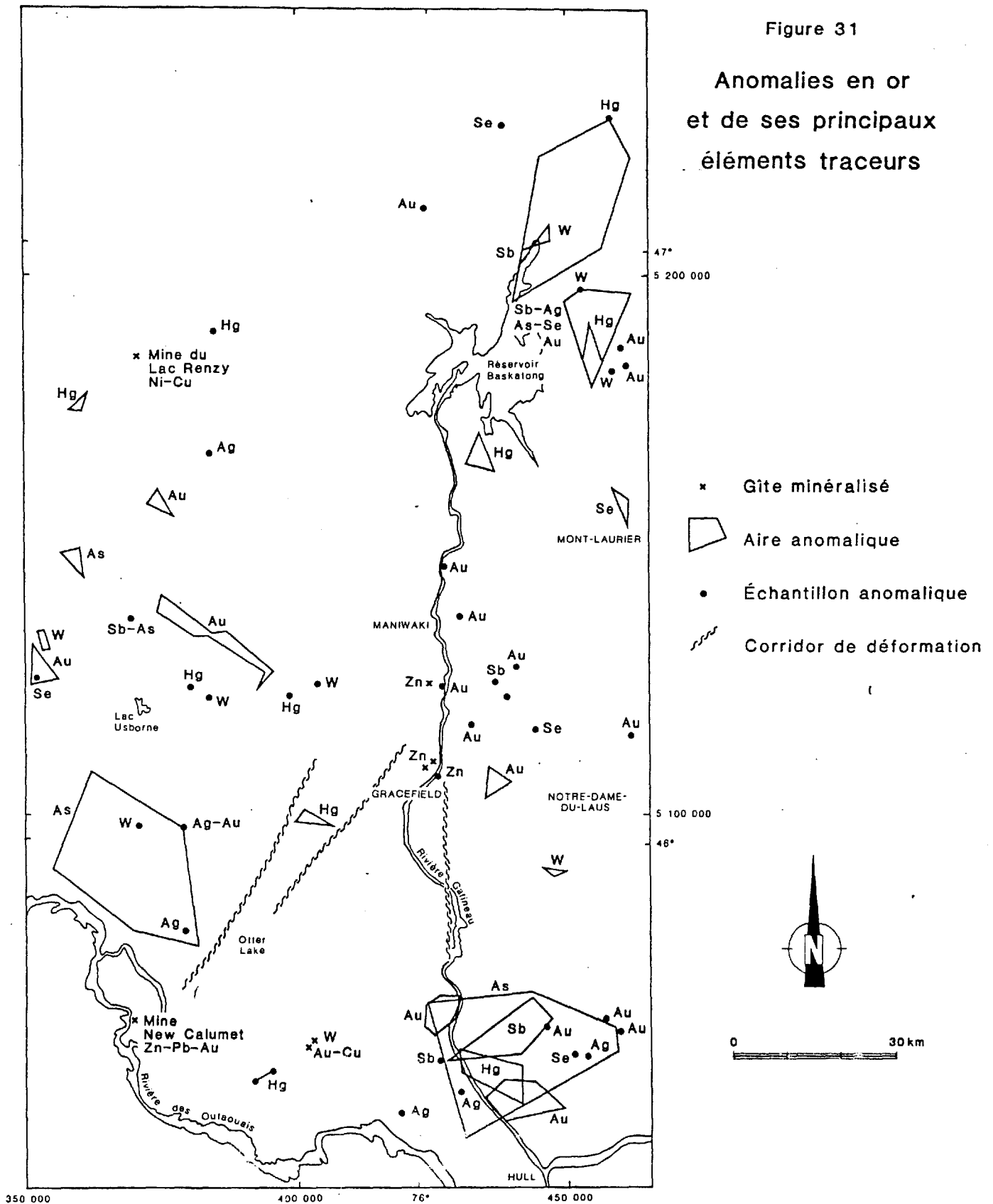


Figure 30 Carte des anomalies As

Figure 31

Anomalies en or et de ses principaux éléments traceurs



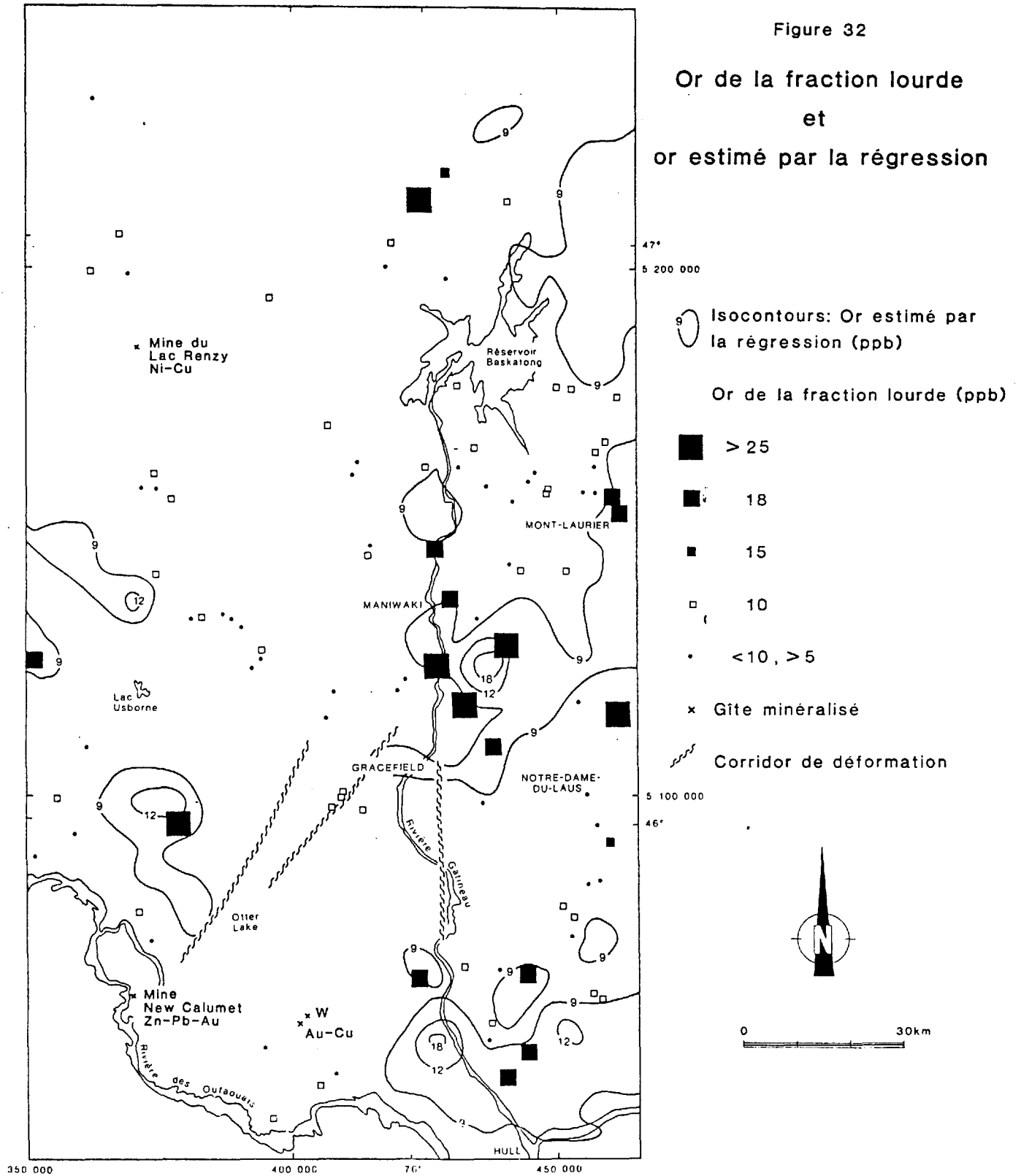


TABLEAU 8
Contenu en or des échantillons réanalysés

num. ech.	1	2	3	4	5	6	7
grossier	-	2	2	1	1	1	-
fin	-	-	-	-	-	-	-
léger	882	-	-	-	-	-	-
moyen	5	<4	<4	<4	<4	11	<4
lourd	5	6	<4	709	4	4	5
magnétique	21	nd	<4	<20	<20	<20	<40

valeurs en ppb
- = <1 ppb

66. Distribution spatiale de l'or estimé par la régression.

La figure 32 montre les isocontours de l'or estimé par la régression (AuE). A ces isocontours sont superposées les concentrations d'or mesurées dans la fraction lourde. On voit que le modèle déduit de la régression retrouve presque toutes les anomalies décrites à la section précédente. Deux anomalies marginales sont totalement ignorées. Il s'agit de l'anomalie située sur le corridor de déformation de la rivière Picanoc et l'anomalie aurifère la plus occidentale située sur un cheminement de direction sud-est.

L'or estimé par la régression définit une vaste aire anomalique dans la partie sud-ouest de la région. Cette région compte peu d'échantillons anomaliques en or. Par contre plusieurs échantillons enrichis en arsenic sont regroupés à cet endroit.

7. CONCLUSION

La seconde partie de ce travail devait nous permettre d'analyser à une échelle plus fine les phénomènes de transport géochimique dans la Gatineau.

Les principaux résultats concernent les terres rares, l'or et le zinc.

La faiblesse des anomalies en zinc peut s'expliquer par le support souvent magnétique des spinelles zincifères, porteurs d'une partie de la minéralisation. Par ailleurs, le caractère acide des eaux ne favorise pas la conservation de la sphalérite sur de longue distance.

Les anomalies en terres rares sont associées à la présence de sphène et d'apatite : le sphène semble plus directement associé aux concentrations très anormales. Il semble que le typomorphisme de sphène puisse donner des indications sur le type de source : le sphène vert semblant marquer des zones plus anormales à caractère pegmatitique. L'apatite contrôle le fond géochimique en terres rares et en phosphore à l'échelle régionale. Ce minéral est également concentré au voisinage des zones de skarn. Plusieurs grandes zones anormales sont ainsi soulignées.

Les teneurs géochimiques de l'or sont le plus souvent sous le seuil de détection. Afin de faire ressortir les principales anomalies, on met en évidence une régression de l'or avec des accompagnateurs traditionnels (As, Se) et des indicateurs de classement en gravité (Th). Cette régression permet de souligner la présence de districts présentant un bon potentiel au Nord de Hull, à l'Est du réservoir Baskatong et au sud-ouest de la région où plusieurs échantillons enrichis en As sont regroupés.

REFERENCES

- Avramtchev L., Piche G. (1981) Carte des Gîtes minéraux du Québec, région de Laurentie-Saguenay, Ministère de l'Énergie et des Ressources, DPV 809
- Banfield J.F., Eggleton R.A. (1989) Apatite replacement and rare earth mobilization fractionation, and fixation during weathering - *Clays and clay minerals*, vol. 37, n. 2, 113-127
- Bernau R. et Franz G. (1987) Crystal chemistry and genesis of Nb-, V-, and Al-rich metamorphic titanite from Egypt and Greece - *Canadian Mineralogist*, 25, 695-705
- Bishop C., Jourdain V. (1987) Grenville polymetallics - The Montauban and Grand Calumet deposits - *Norther Min. Mag.*, Décembre 1987, pp. 15-17
- Boyle R.W. (1979) The geochemistry of gold and its deposits (together with a chapter on geochemical prospecting for the element) - *Commission Géologique du Canada, Bull.*, 280
- Brodkins (1989) Aqueous geochemistry of rare earth elements - in *Review in Mineralogy, Min.Soc. America*, 21, pp.201-223
- Choinière J. (1984) Géochimie des minéraux lourds - région de Kazabazua (Gatineau) Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec, DV 83-10
- Choinière J. (1988) Géochimie des minéraux lourds - région de la Gatineau - Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec, MB 88-35
- Choinière J., Leduc M. (1988) Géochimie des sédiments de ruisseau dans la région de Kazabazua - Complément d'analyse, Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec, DP 99-14
- Corriveau L. (1989) The Ultrapotassic Kensington pluton SW Grenville Province, in Corriveau L., Gold D., Bedard J., Bourne J. (1989) Les complexes alcalins et calco-alcalins du sud du Québec - excursion B3, GAC/MAC, Montréal, pp. 1-22
- Corriveau L., Gorton M.P. (1989) Proterozoic alkaline plutons, SW Grenville : a record of ultrapotassic magmas and tectonic setting. *Geol. Assoc, Can/Min. Assoc. Can., Prog. with Abstract*, 13, A26
- Cullers R. (1988) Mineralogical and chemical changes of soil and stream sediment formed by intense weathering of the Danburg granite, Georgia, U.S.A. *Lithos*, 21, 301-314
- Davidson A. (1976) New interpretation in the southwestern Grenville Province. *Geol Assoc. Can. Spec. Pap.* 31, pp. 61-74

- Denton, G.H., Hughes, T., (1981) The last great ice sheet. Wiley-Interscience. New York. 484 pages.
- DiLabio R.N.W. (1988) Residence sites of gold, PGE, and rare lithophile elements in till - in Prospecting in Areas of glaciated terrain, McDonald D.R. et Mills K.A. eds, C.I.M., p. 121-140
- Doig R. (1977) Rb-Sr geochronology and evolution of the Grenville Province in northwestern Québec, Canada - Geol. Soc. Am. Bull., 88, pp. 183-185
- Dresser J.A., Denis T.C. (1951) Géologie du Québec, vol. III, Géologie économique - Ministère des Mines, Province de Québec, rapport géologique 20
- Fleischer M., Altschuler Z.S. (1982) The lanthanides and yttrium in minerals of the apatite group ; a review ; U.S. Geol. Surv., Open File Rpt 82-783, 156 p.
- Foord E.E. (1982) Minerals of tin, titanium, niobium and tantalum in granitic pegmatites - in Cerny P., eds, Short course in Granitic Pegmatites in Science and Industry, MAC short course, Winnipeg, May 1982, p. 187-238
- Forsyth D.A., Thomas M.D., Real D., Abinett, Broome J., Hapenny J (sous presse) Geophysical investigations of the Central Metasedimentary Belt, Grenville Province ; Quebec to northern New York State
- Gadd, N.R., McDonald, B.C., Shilts, W.W., (1972) Deglaciation of Southern Quebec. Geol. Surv. Canada. Paper 71-47, 19 pages.
- Gauthier M. (1982) Métallogénie du zinc dans la région de Maniwaki-Gracefield, Québec, MM 82-03
- Gauthier M., Brown A.C., Morin, G. (1987) Small Iron-Formations as a Guide to Base- and Precious-Metal Deposits in the Grenville Province of Southern Quebec in The Precambrian Iron Formations (Appel, P.W. and Laberge, G.L., eds.), Theophrastus Pub. (Athens), 297-327.
- Gauthier, M., Morin, G., Marcoux, P. (1985) Mineralisations aurifères de la partie centrale de la Province de Grenville, Bouclier Canadien. Can. Inst. Min. Metall. bull. 78, 874, 60-69.
- Gauthier M., Brown A.-C. (1986) Zinc and iron metallogeny in the Maniwaki-Gracefield District, Southwestern Quebec - Economic Geol., vol. 81, pp. 89-112
- Goldstein S.J., Jacobsen S.B. (1987) REE in the Great Whale River estuary, northwest Quebec - Earth and Planetary Sc. Letters, 88 pp. 241-252
- Goldstein S.J., Jacobsen S.B. (1988) Rare earth elements in river waters - Earth and Planetary Sc. Letters, 89, pp. 35-47

Hagni R.D., Brandom R.T., (1989) Mineralogical Similarity of the Boss-Bixby Missouri Copper-Iron-Cobalt Deposit to the Olympic Dam, South Australia Ore deposits : Potential for Additional Deposits in the Midcontinental United States - 28th I.G.C., Washington, pp 2-7,8

Hanmer S. (1988) Ductile thrusting at mid-crustal level, southwestern Grenville - Can. J. Earth Sci., 25, 1049-1059

Haynes, S.J. (1986) Metallogensis of U-Th, Grenville Supergroup, Peterborough County, Ontario. in The Grenville Province, J.M. Moore, Davidson et Baer editeurs, Geol. Assoc. Can. spec. pap. 31, 271-280.

Hoyle J., Elderfield H., Glendhill A., Greaves M. (1984) The behavior of the rare earth elements during mixing of river and sea waters. Geochim. Cosmochim. Acta, 48, 143-149

Hogarth D.D., Moyd L., Rose E.R., Steacy H.R. (1983) Localités minéralogiques classiques en Ontario et Québec - Commission Géologique du Canada, rapport diver 37, 84 p.

Hogarth D.D. (1988) Chemical composition of fluorapatite and associated minerals from skarn near Gatineau, Québec - Mineralogical Mag., 52, pp. 347-358

Indarès A., Martignole J. (1985) The Montréal - Val d'Or geotraverse - Field Guidebook, Friends of Grenville, Univ. Montréal, 72 p.

Jébrak M. (1989) Etude comparée des minéraux lourds et des sédiments de ruisseau de la région de la Gatineau - Rapport MERQ, 89-36, 92 p.

Jébrak M., Choinière J. (1989) REE geochemistry in River sediments of the Grenville Province (Western Quebec) - XIII IGES - II CBGq , Rio de Janeiro, abstracts, pp. 220-222

Jourdain V. Gauthier M., Guha J. (1990) Métallogénie de l'or dans le Sud-Ouest de la Province de Grenville - Open file Rapport, Ministère Energie et Ressources, sous presse, 51 p.

Kosakowski M.A., Hogarth D.D. (1968) Ytrian andradite from the Gatineau Park, Quebec - Canadian Mineralogist, 9, 552-558

McLennan J.M. (1986) Pre-Grenvillian history of the Adirondacks as an anorogenic binodal caldera complex of mid-proterozoic age - Geology, 14, 229-233

Marcantonio F., Dickin A.P., Heaman L.M., McNutt R.H. (1988) The age and origin of granites from the Westport-Gananoque area, Grenville Province, Ontario - GAC/MAC Progr. with Abstract, 13, A78

Moore J., Davidson A., Baer A.J. (1986) The Grenville Province. Geol. Assoc. Can. spec. pap. 31, 358 p.

Nichols I. (1986) Geochemical exploration for gold :a special problem. in Applied geochemistry in the 1980's, Thornston I et Howarth R.J. eds, Graham amd Trotman, London, p. 60-85

Paterson B.A., Stephens W.E., Herd D.A. (1989) Zoning in granitoid accessory minerals as revealed by backscattered electron imagery - Mineralogical Mag., 53, 55-61

Poirier S. (1988) Etude métallogénique de gîtes de nickel, cuivre et platinoides de l'Ouest de la province de Grenville, Québec. Thèse de Maîtrise, UQAM, inédit, 299 p.

Rimsaite J. (1982) Mineralogical and petrochemical properties of heterogeneous granitoid rocks from radioactive occurrences in the Grenville structural province, Ontario and Québec ; in Uranium in Granites, ed. Y.T. Maurice, Geological Survey of Canada, Paper 81-23, p. 19-30

Rivers,T., Chown, E.H. (1986) The Grenville Orogen in Eastern Quebec and Western Labrador-Definition, identification and tectonometamorphic relationships of Autochthonous, Paraautochthonous and Allochthonous Terranes in The Grenville Province. Geol. Assoc. Can. spec. pap. 31, 31-50.

Rivers, Martignole J., Gower C.F. (1989) New tectonic divisions of the Grenville Province, Southeast Canadian Shield - Tectonics, 8, 1, 63-84

Sangster A.L., Bourne J. (1982) Geology of the Grenville Province, and Regional Metallogenesis of the Grenville Supergroup in Precambrian Sulphide deposits. Geol. Assoc. Can. spec. pap. 25, 91-126.

Wiber M. (1986) Evolution minéralogique des phosphates et concentration d'éléments en traces au cours de l'altération. 11ème Réunion. des Sciences de la Terre, Clermont-Ferrand, Soc. Géol. France, p. 186

Windley B.F.(1989) Anorogenic magmatism and the Grenvillian Orogeny. Can. J. Earth Sci. 26, 479-489.

Wynne-Edwards H.R., Gregory A.F., Hay P.W., Giovanella C.A., Reinardt E.W. (1966) Mont-Laurier and Kempt Lake areas, Québec (31 J and 31 O). Geol. Surv. Canada, paper 66-32, 32 p.

Wynne-Edwards H.R. (1972) The Grenville province, Geol. Assoc. Can. spec. Pap., 11, 163-182

Yong J.A. Jr (1938) Keilauite, a guide mineral to the Sterling granite gneiss of Rhode Island - Amer. Min. 23, 149-152

Zabavnikova I.I. (1957) Diadochic substitutions in sphene - Geochemistry, 3, 271-278

Liste des figures

- Figure 1 Position de la zone étudiée dans la province du Grenville
Figure 2 Esquisse géologique de la zone étudiée
Figure 3 Position des zones ré-échantillonnées
Figure 4 Classement des éléments par phase en fonction de la densité
Figure 5 Classement des éléments par phase en fonction du magnétisme et granulométrie
Figure 6 Répartition des minéraux dans la fraction à densité moyenne (2.8-3.3)
Figure 7 Répartition des minéraux dans la fraction à densité élevée (\gg 3.3)
Figure 8 Cartographie de la somme des terres rares dans les minéraux lourds
Figure 9 Situation géologique de la zone des lacs David et Bertrand
Figure 10 Situation géologique de la zone du lac David
Figure 11 Relation sommes des terres rares - phosphore dans la fraction fine
Figure 12 Relation entre le fractionnement (LaY) de la fraction lourde et le contenu en terres rares corrigé de la fraction piégée avec le phosphate (apatite)
Figure 13 Relation sommes des terres rares - phosphore dans la fraction lourde
Figure 14 Relation entre le fractionnement des terres rares dans la fraction lourde et le fractionnement dans la fraction chimique, recalculé à partir de la différence entre fraction fine et fraction lourde.
Figure 15 Diagrammes PLAY : en haut à gauche : position de quelques roches et fluides (valeurs moyennes) ; en bas, à gauche : position de minéraux séparés dans la Gatineau ; en bas à droite : rôle relatif de l'altération et de la différenciation magmatique ; en haut à droite : position de la composition des apatites (d'après Fleischer et Altschuler, 1982)
Figure 16 Diagrammes PLAY : comparaison de la fraction fine, riche en P, et de la fraction lourde
Figure 17 Histogrammes des échantillons ayant des concentrations aurifères supérieures à 5 ppb (fraction lourde et fraction fine)
Figure 18 Histogramme de l'or estimé par la régression
Figure 19 Variogramme de l'or estimé par la régression
Figure 20 Situation géologique de la zone de Gatineau
Figure 21 Situation géologique de la zone du Lac Bertrand
Figure 22 Situation géologique de la zone du Lac Roddick
Figure 23 Carte des anomalies Au
Figure 24 Carte des anomalies Ag
Figure 25 Carte des anomalies Sb
Figure 26 Carte des anomalies W
Figure 27 Carte des anomalies Hg
Figure 28 Carte des anomalies Se
Figure 29 Carte des anomalies B
Figure 30 Carte des anomalies As
Figure 31 Anomalies d'or et de ses principaux traceurs
Figure 32 Or de la fraction lourde et or estimé par la régression

Liste des tableaux

1. Comptage de grains dans 3 échantillons du MERQ (564, 491 et 954) et dans la fraction lourde (xd) et dans la fraction à densité moyenne (xm) des zones rééchantillonnées.
2. Moyennes calculées sur les éléments chimiques d'intérêt pour la prospection de l'or
3. Corrélations de l'or
4. Résultats d'analyse en composante principale : fraction lourde (358 échantillons)
5. Résultats d'analyse en composante principale : fraction fine (268 échantillons)
6. Régression multiple sur l'or : fraction lourde (354 échantillons)
7. Régression multiple sur l'or : fraction fine (268 échantillons)
8. Contenu en or des échantillons réanalysés

ANNEXE 1

**Résultats d'analyses chimiques des échantillons
vérifiant des anomalies de terres rares et d'or.**

Eléments analysés par spectrométrie d'émission au plasma.

élément	unité	seuil de détection	élément	unité	seuil de détection
Ti	%	0.05	V	PPM	1
Al	%	0.02	As	PPM	5
Fe	%	0.05	Be	PPM	0.5
Mn	%	0.05	Bi	PPM	5
Mg	%	0.05	Ga	PPM	2
Ca	%	0.05	Te	PPM	10
Na	%	0.05	W	PPM	10
K	%	0.05	Ba	PPM	5
Cu	PPM	1	Ce	PPM	5
Pb	PPM	2	La	PPM	1
Zn	PPM	1	Nb	PPM	1
Mo	PPM	1	Sb	PPM	5
Co	PPM	1	Sc	PPM	1
Ni	PPM	1	Sn	PPM	20
Ag	PPM	0.5	Sr	PPM	1
Cd	PPM	1	Ta	PPM	1
Cr	PPM	1	Y	PPM	1
Li	PPM	1	Zr	PPM	1
Au	PPB				

+: Valeurs supérieures à la limite de détection maximale

-: Valeurs inférieures à la limite de détection

	Ti: (d>3.3)	Ti: (2.8<d<3.3)	Ti:fraction magnétique	Ti:(850 um à 5 mm)	Ti:(<177um)	Ti:(d<2.8)
89CB-01	2.28	0.36	0.84	0.14	0.42	0.17
89CB-02	2.32	0.23	3.28	0.13	0.81	0.28
89CB-03	1.54	0.42	0.58	0.13	0.9	0.17
89CB-04	1.67	0.38	0.78	0.16	0.68	0.16
89CB-05	1.76	0.29	1.04	0.39	0.5	0.35
89CB-06	1.66	0.3	1.17	0.37	0.62	0.26
89CB-07	1.30	0.48	1.06	0.11	0.79	0.11

	Al: (d>3.3)	Al: (2.8<d<3.3)	Al:fraction magnétique	Al:(850 um à 5mm)	Al:(<177um)	Al:(d<2.8)
89CB-01	5.58	4.5	0.72	4.55	4.95	3.85
89CB-02	5.00	3.09	0.81	5.86	6.45	6.13
89CB-03	6.68	5.43	0.43	6.57	6.54	6.4
89CB-04	6.92	5.48	0.53	6.39	6.03	6.58
89CB-05	5.27	4.91	0.55	6.69	5.27	6.14
89CB-06	5.31	4.86	0.55	6.76	5.9	6.11
89CB-07	6.04	5.07	0.73	5.32	6.05	5.66

	Fe: (d>3.3)	Fe: (2.8<d<3.3)	Fe:fraction magnétique	Fe:(850 um à 5mm)	Fe:(<177um)	Fe:(d<2.8)
89CB-01	10	4.35	10	1.65	2.97	1.76
89CB-02	10	2.99	10	4.3	6.01	2.78
89CB-03	10	6.37	10	1.49	6.09	2.3
89CB-04	10	5.94	10	2.08	5.11	2.34
89CB-05	10	4.17	10	2.84	4.23	2.73
89CB-06	10	4.88	10	2.35	4.22	2.11
89CB-07	10	5.28	10	1.34	3.64	1.27

	Mn: (d>3.3)	Mn: (2.8<d<3.3)	Mn:fraction magnétique	Mn:(850 um à 5mm)	Mn:(<177um)	Mn:(d<2.8)
89CB-01	0.55	0.09	0.21	-0.05	0.07	-0.05
89CB-02	0.37	0.06	0.22	0.3	0.39	0.1
89CB-03	0.67	0.12	0.14	-0.05	0.1	-0.05
89CB-04	0.69	0.11	0.17	-0.05	0.09	-0.05
89CB-05	0.47	0.09	0.26	0.05	0.11	-0.05
89CB-06	0.49	0.1	0.25	-0.05	0.11	-0.05
89CB-07	0.6	0.1	0.13	-0.05	0.09	-0.05

	Mg: (d>3.3)	Mg: (2.8<d<3.3)	Mg:fraction magnétique	Mg:(850 um à 5mm)	Mg:(<177um)	Mg:(d<2.8)
89CB-01	2.89	4.44	0.24	4.34	3.54	5.24
89CB-02	4.53	6.44	0.38	0.57	1.89	1.31
89CB-03	3.52	3.83	0.12	0.52	1.67	0.88
89CB-04	3.85	3.49	0.19	0.69	1.38	0.75
89CB-05	2.47	2.81	0.28	1.48	1.18	1.34
89CB-06	2.49	3.45	0.19	1.27	1.24	1.02
89CB-07	2.82	4.12	0.19	0.83	1.43	0.85

	Ca: (d>3.3)	Ca: (2.8<d<3.3)	Ca:fraction magnétique	Ca:(850 um à 5mm)	Ca:(<177um)	Ca:(d<2.8)
89CB-01	3.14	6.46	0.84	4.92	4.25	6.8
89CB-02	6.75	10.00	0.9	1.12	2.26	2.29
89CB-03	2.5	5.28	0.21	1.51	2.75	2.18
89CB-04	2.77	5.38	0.33	1.65	2.67	2.12
89CB-05	3.29	6.44	0.72	1.96	2.54	2.34
89CB-06	3.43	7.37	0.74	1.74	2.99	2.3
89CB-07	4.22	6.51	0.37	1.54	3.11	2.16

	Na: (d>3.3)	Na: (2.8<d<3.3)	Na:fraction magnétique	Na:(850 um à 5mm)	Na:(<177um)	Na:(d<2.8)
89CB-01	0.16	1.5	0.14	1.22	1.51	1.28
89CB-02	0.22	1.06	0.1	1.74	1.35	2.05
89CB-03	0.09	1.67	-0.05	2.54	2.08	2.47
89CB-04	0.09	1.77	0.06	2.39	2.1	2.58
89CB-05	0.1	1.82	0.1	2.42	1.85	2.32
89CB-06	0.12	1.75	0.11	2.44	2.17	2.47
89CB-07	0.12	1.69	-0.05	2.04	2.31	2.38

	K: (d>3.3)	K: (2.8<d<3.3)	K:fraction magnétique	K:(850 um à 5mm)	K:(<177um)	K:(d<2.8)
89CB-01	0.1	1.05	0.12	3.09	1.37	1.52
89CB-02	0.07	0.61	0.05	2.86	1.29	2.21
89CB-03	0.07	0.94	-0.05	2.06	1.15	1.26
89CB-04	0.07	0.9	-0.05	1.95	1.05	1.35
89CB-05	0.06	1.26	0.07	3.2	1.3	2.08
89CB-06	0.07	1.05	0.08	3.28	1.32	1.87
89CB-07	0.08	0.91	-0.05	2.01	1.26	1.47

	Cu: (d>3.3)	Cu: (2.8<d<3.3)	Cu:fraction magnétique	Cu:(850 um à 5mm)	Cu:(<177um)	Cu:(d<2.8)
89CB-01	-1	2	5	6	16	5
89CB-02	-1	2	6	7	21	6
89CB-03	4	7	6	9	28	11
89CB-04	2	4	11	10	12	8
89CB-05	6	6	17	9	27	10
89CB-06	3	5	23	9	12	7
89CB-07	2	2	5	6	1	4

	Pb: (d>3.3)	Pb: (2.8<d<3.3)	Pb:fraction magnétique	Pb:(850 um à 5mm)	Pb:(<177um)	Pb:(d<2.8)
89CB-01	-2	15	-2	19	34	19
89CB-02	13	17	79	19	28	14
89CB-03	-2	13	-2	23	22	14
89CB-04	-2	15	-2	27	18	15
89CB-05	-2	21	-2	31	27	20
89CB-06	2	18	-2	33	24	18
89CB-07	2	13	-2	23	12	22

	Zn: (d>3.3)	Zn: (2.8<d<3.3)	Zn:fraction magnétique	Zn:(850 um à 5mm)	Zn:(<177um)	Zn:(d<2.8)
89CB-01	97	85	104	47	110	59
89CB-02	98	75	233	62	211	64
89CB-03	120	121	207	38	108	57
89CB-04	117	108	201	32	64	54
89CB-05	127	100	131	77	108	76
89CB-06	121	106	119	59	74	51
89CB-07	107	100	170	28	51	34

	Mo: (d>3.3)	Mo: (2.8<d<3.3)	Mo:fraction magnétique	Mo:(850 um à 5mm)	Mo:(<177um)	Mo:(d<2.8)
89CB-01	8	-1	34	-1	-1	-1
89CB-02	2	-1	30	-1	2	-1
89CB-03	8	-1	41	-1	-1	-1
89CB-04	9	-1	45	-1	-1	-1
89CB-05	14	-1	34	-1	-1	-1
89CB-06	12	-1	36	-1	-1	-1
89CB-07	7	-1	40	-1	-1	-1

	Co: (d>3.3)	Co: (2.8<d<3.3)	Co:fraction magnétique	Co:(850 um à 5mm)	Co:(<177um)	Co:(d<2.8)
89CB-01	22	16	32	3	13	4
89CB-02	28	9	40	23	31	10
89CB-03	29	25	41	6	16	8
89CB-04	28	24	46	7	12	8
89CB-05	31	16	34	15	19	12
89CB-06	28	20	34	13	17	9
89CB-07	26	19	43	6	9	5

	Ni: (d>3.3)	Ni: (2.8<d<3.3)	Ni:fraction magnétique	Ni:(850 um à 5mm)	Ni:(<177um)	Ni:(d<2.8)
89CB-01	7	28	120	11	20	10
89CB-02	11	17	61	11	35	17
89CB-03	6	43	26	12	26	19
89CB-04	11	40	43	18	20	16
89CB-05	14	37	69	45	33	36
89CB-06	12	43	111	43	25	29
89CB-07	8	35	44	10	13	11

	Ag: (d>3.3)	Ag: (2.8<d<3.3)	Ag:fraction magnétique	Ag:(850 um à 5mm)	Ag:(<177um)	Ag:(d<2.8)
89CB-01	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	0.5
89CB-02	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5
89CB-03	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5
89CB-04	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5
89CB-05	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5
89CB-06	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5
89CB-07	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	0.5

	Cd: (d>3.3)	Cd: (2.8<d<3.3)	Cd:fraction magnétique	Cd:(850 um à 5mm)	Cd:(<177um)	Cd:(d<2.8)
89CB-01	2	-1	2	-1	-1	-1
89CB-02	1	-1	4	2	3	1
89CB-03	3	1	3	-1	2	2
89CB-04	2	1	1	1	2	-1
89CB-05	3	2	2	-1	1	-1
89CB-06	2	1	1	-1	-1	1
89CB-07	2	-1	4	2	-1	-1

	Cr: (d>3.3)	Cr: (2.8<d<3.3)	Cr:fraction magnétique	Cr:(850 um à 5mm)	Cr:(<177um)	Cr:(d<2.8)
89CB-01	122	105	737	207	173	245
89CB-02	115	62	748	189	93	292
89CB-03	155	109	202	205	90	321
89CB-04	171	102	398	214	70	334
89CB-05	106	70	141	164	58	295
89CB-06	116	91	156	185	51	270
89CB-07	110	96	939	211	50	315

	Li: (d>3.3)	Li: (2.8<d<3.3)	Li:fraction magnétique	Li:(850 um à 5mm)	Li:(<177um)	Li(d<2.8)
89CB-01	13	17	6	22	32	22
89CB-02	17	23	6	13	43	16
89CB-03	8	9	1	9	12	8
89CB-04	8	8	1	9	8	7
89CB-05	9	10	4	14	11	13
89CB-06	9	10	4	13	9	10
89CB-07	9	10	3	10	8	8

	V: (d>3.3)	V: (2.8<d<3.3)	V:fraction magnétique	V:(850 um à 5mm)	V:(<177um)	V:(d<2.8)
89CB-01	156	111	461	37	69	48
89CB-02	152	87	960	56	118	56
89CB-03	147	164	590	27	139	47
89CB-04	130	153	816	39	88	43
89CB-05	161	96	422	54	78	52
89CB-06	142	118	446	44	82	41
89CB-07	95	142	958	25	82	27

	As: (d>3.3)	As: (2.8<d<3.3)	As:fraction magnétique	As:(850 um à 5mm)	As:(<177um)	As:(d<2.8)
89CB-01	-5	9	-5	-5	-5	21
89CB-02	-5	42	-5	-5	-5	-5
89CB-03	-5	-5	-5	-5	-5	-5
89CB-04	-5	-5	-5	-5	-5	-5
89CB-05	-5	-5	-5	-5	-5	-5
89CB-06	-5	-5	-5	-5	-5	-5
89CB-07	-5	-5	-5	-5	-5	-5

	Be: (d>3.3)	Be: (2.8<d<3.3)	Be:fraction magnétique	Be:(850 um à 5mm)	Be:(<177um)	Be:(d<2.8)
89CB-01	58.6	16.3	135.6	9.4	15.7	10.5
89CB-02	39.6	12.3	150.1	20.5	29.6	14.6
89CB-03	62.8	22.7	176.4	9.2	29.4	12.3
89CB-04	60.1	21.2	181.1	10.7	24.8	12.4
89CB-05	72.8	16.7	153.4	15.5	21.8	13.3
89CB-06	66.7	19	156.3	13	21.6	10.7
89CB-07	54.4	19.5	174.3	7.6	18.9	7.7

	Bi: (d>3.3)	Bi: (2.8<d<3.3)	Bi:fraction magnétique	Bi:(850 um à 5mm)	Bi:(<177um)	Bi:(d<2.8)
89CB-01	14	-5	28	-5	-5	6
89CB-02	-5	5	34	-5	8	-5
89CB-03	12	11	31	-5	-5	-5
89CB-04	14	6	43	-5	-5	-5
89CB-05	17	7	30	-5	-5	-5
89CB-06	12	6	39	-5	-5	-5
89CB-07	13	-5	30	-5	-5	-5

	Ga: (d>3.3)	Ga: (2.8<d<3.3)	Ga:fraction magnétique	Ga:(850 um à 5mm)	Ga:(<177um)	Ga:(d<2.8)
89CB-01	-2	-2	-2	-2	-2	-2
89CB-02	-2	-2	19	4	8	6
89CB-03	-2	-2	24	7	7	7
89CB-04	-2	-2	28	2	3	6
89CB-05	-2	-2	12	8	5	11
89CB-06	-2	-2	3	6	4	13
89CB-07	-2	-2	25	-2	3	11

	Te: (d>3.3)	Te: (2.8<d<3.3)	Te:fraction magnétique	Te:(850 um à 5mm)	Te:(<177um)	Te:(d<2.8)
89CB-01	10	-10	-10	-10	-10	-10
89CB-02	-10	-10	-10	-10	-10	-10
89CB-03	-10	-10	-10	-10	-10	-10
89CB-04	13	-10	-10	-10	-10	-10
89CB-05	-10	-10	-10	-10	-10	-10
89CB-06	-10	-10	-10	-10	-10	-10
89CB-07	-10	-10	-10	-10	-10	-10

	W: (d>3.3)	W: (2.8<d<3.3)	W:fraction magnétique	W:(850 um à 5mm)	W:(<177um)	W:(d<2.8)
89CB-01	-10	-10	-10	-10	-10	-10
89CB-02	-10	-10	-10	-10	-10	-10
89CB-03	-10	-10	-10	-10	-10	-10
89CB-04	-10	-10	-10	-10	-10	-10
89CB-05	-10	-10	-10	-10	-10	-10
89CB-06	-10	-10	-10	-10	-10	-10
89CB-07	-10	-10	-10	-10	-10	-10

	Ba: (d>3.3)	Ba: (2.8<d<3.3)	Ba:fraction magnétique	Ba:(850 um à 5mm)	Ba:(<177um)	Ba:(d<2.8)
89CB-01	55	343	62	1108	733	624
89CB-02	1378	223	57	979	964	783
89CB-03	23	354	28	1048	690	744
89CB-04	18	324	29	1100	571	761
89CB-05	40	736	71	2000	836	1836
89CB-06	37	506	92	2000	864	1543
89CB-07	29	304	27	883	629	721

	Ce: (d>3.3)	Ce: (2.8<d<3.3)	Ce:fraction magnétique	Ce:(850 um à 5mm)	Ce:(<177um)	Ce:(d<2.8)
89CB-01	424	58	132	7	72	-5
89CB-02	1188	-5	172	46	135	41
89CB-03	296	49	91	21	154	22
89CB-04	343	55	115	43	167	33
89CB-05	778	311	283	161	207	134
89CB-06	670	354	332	97	170	105
89CB-07	467	61	133	23	70	24

	La: (d>3.3)	La: (2.8<d<3.3)	La:fraction magnétique	La:(850 um à 5mm)	La:(<177um)	La:(d<2.8)
89CB-01	218	34	93	19	50	18
89CB-02	665	20	113	22	70	22
89CB-03	157	29	96	11	76	12
89CB-04	181	34	105	29	94	21
89CB-05	304	172	156	83	88	64
89CB-06	287	199	183	54	82	49
89CB-07	211	41	110	14	36	9

	Nb: (d>3.3)	Nb: (2.8<d<3.3)	Nb:fraction magnétique	Nb:(850 um à 5 mm)	Nb:(<177um)	Nb:(d<2.8)
89CB-01	38	15	18	7	15	11
89CB-02	62	15	48	2	22	9
89CB-03	31	17	14	3	24	5
89CB-04	36	15	15	1	18	4
89CB-05	44	15	20	15	17	16
89CB-06	42	17	21	13	21	14
89CB-07	34	18	24	-1	22	6

	Sb: (d>3.3)	Sb: (2.8<d<3.3)	Sb:fraction magnétique	Sb:(850 um à 5 mm)	Sb:(<177um)	Sb:(d<2.8)
89CB-01	-5	-5	-5	-5	-5	-5
89CB-02	-5	5	13	-5	-5	-5
89CB-03	-5	-5	-5	-5	6	6
89CB-04	-5	5	-5	-5	-5	-5
89CB-05	7	-5	-5	-5	9	-5
89CB-06	7	-5	-5	-5	-5	-5
89CB-07	-5	-5	-5	-5	-5	8

	Sc: (d>3.3)	Sc: (2.8<d<3.3)	Sc:fraction magnétique	Sc:(850 um à 5 mm)	Sc:(<177um)	Sc:(d<2.8)
89CB-01	67	24	13	5	12	7
89CB-02	56	15	15	5	18	9
89CB-03	84	37	8	5	20	10
89CB-04	87	34	9	7	19	9
89CB-05	57	23	10	9	13	9
89CB-06	56	27	10	6	15	8
89CB-07	64	28	9	3	15	5

	Sn: (d>3.3)	Sn: (2.8<d<3.3)	Sn:fraction magnétique	Sn:(850 um à 5 mm)	Sn:(<177um)	Sn:(d<2.8)
89CB-01	-20	-20	-20	-20	-20	-20
89CB-02	-20	-20	144	-20	-20	-20
89CB-03	-20	-20	-20	-20	-20	-20
89CB-04	-20	-20	-20	-20	-20	-20
89CB-05	-20	-20	-20	-20	-20	-20
89CB-06	-20	-20	-20	-20	-20	-20
89CB-07	-20	-20	-20	-20	-20	-20

	Sr: (d>3.3)	Sr: (2.8<d<3.3)	Sr:fraction magnétique	Sr:(850 um à 5 mm)	Sr:(<177um)	Sr:(d<2.8)
89CB-01	43	301	22	522	339	346
89CB-02	94	222	41	387	266	416
89CB-03	18	274	13	443	395	481
89CB-04	25	285	24	444	368	477
89CB-05	51	743	51	1241	496	865
89CB-06	69	724	79	1381	597	826
89CB-07	47	299	13	424	432	468

	Ta: (d>3.3)	Ta: (2.8<d<3.3)	Ta:fraction magnétique	Ta:(850 um à 5 mm)	Ta:(<177um)	Ta:(d<2.8)
89CB-01	-1	-1	-1	1	4	7
89CB-02	-1	7	19	-1	-1	-1
89CB-03	-1	1	-1	-1	-1	-1
89CB-04	-1	5	-1	4	-1	-1
89CB-05	-1	-1	-1	2	3	2
89CB-06	-1	4	-1	2	-1	-1
89CB-07	-1	-1	-1	-1	-1	1

	Y: (d>3.3)	Y: (2.8<d<3.3)	Y:fraction magnétique	Y:(850 um à 5 mm)	Y:(<177um)	Y:(d<2.8)
89CB-01	191	56	49	13	29	14
89CB-02	212	23	32	14	48	20
89CB-03	191	54	10	8	39	14
89CB-04	207	59	11	12	46	17
89CB-05	221	55	41	21	40	22
89CB-06	203	59	34	16	41	18
89CB-07	248	53	21	7	40	9

	Zr: (d>3.3)	Zr: (2.8<d<3.3)	Zr:fraction magnétique	Zr:(850 um à 5 mm)	Zr:(<177um)	Zr:(d<2.8)
89CB-01	283	111	31	44	101	50
89CB-02	228	46	46	33	142	48
89CB-03	293	42	51	54	252	30
89CB-04	400	31	36	79	269	29
89CB-05	658	27	63	94	154	55
89CB-06	437	25	65	67	261	39
89CB-07	824	106	135	36	306	26

	Au: (d>3.3)	Au: (2.8<d<3.3)	Au:fraction magnétique	Au:(850 um à 5 mm)	Au:(<177um)	Au:(d<2.8)
89CB-01	5	5	21	1	1	882
89CB-02	6	4	4	2	1	1
89CB-03	4	4	--	2	1	1
89CB-04	709	4	--	2	1	1
89CB-05	4	4	--	1	1	1
89CB-06	4	11	--	1	1	1
89CB-07	5	4	--	1	1	1

ANNEXE 2

Résultats d'analyse en composante principale
Fraction lourde (358 échantillons).

```

*****
* m      * 2 * 1 * 4 * 6 * 5 * 8 * 3 * 7 *
*      * * * * * * * * *
* Valeur * 3.45 * 6.23 * 1.76 * 1.40 * 1.53 * 1.15 * 3.00 * 1.32 *
* propre * * * * * * * * *
*      * * * * * * * * *
* %      * 12.8 * 23.1 * 6.6 * 5.2 * 5.7 * 4.3 * 11.1 * 4.9 *
*****
* f(AL ) * 0.79 * 0.29 * -0.04 * -0.02 * 0.09 * -0.09 * -0.35 * 0.10 *
* f(AS ) * 0.13 * 0.22 * -0.14 * 0.76 * -0.01 * 0.08 * -0.11 * -0.09 *
* f(AU ) * -0.05 * -0.02 * 0.22 * 0.72 * 0.17 * -0.08 * -0.06 * 0.06 *
* f(BA ) * 0.24 * 0.26 * 0.02 * 0.19 * -0.14 * -0.36 * -0.40 * -0.19 *
* f(BR ) * 0.01 * 0.00 * -0.05 * 0.00 * 0.79 * 0.09 * -0.14 * -0.01 *
* f(CA ) * 0.25 * 0.92 * 0.00 * 0.01 * 0.04 * 0.00 * -0.08 * 0.06 *
* f(CR ) * 0.64 * 0.20 * -0.24 * -0.00 * -0.13 * -0.14 * -0.14 * -0.12 *
* f(FE ) * 0.69 * 0.30 * 0.05 * 0.09 * 0.07 * 0.02 * -0.52 * -0.00 *
* f(HG ) * 0.15 * -0.03 * 0.04 * -0.06 * 0.15 * -0.06 * 0.06 * -0.76 *
* f(LA ) * 0.17 * 0.80 * 0.13 * 0.13 * 0.01 * -0.00 * -0.33 * -0.14 *
* f(MG ) * 0.41 * 0.57 * -0.05 * 0.15 * -0.06 * -0.16 * -0.49 * 0.03 *
* f(MN ) * 0.79 * 0.24 * 0.05 * 0.03 * 0.06 * 0.08 * -0.20 * -0.09 *
* f(NI ) * 0.21 * 0.20 * -0.21 * 0.01 * 0.05 * 0.04 * -0.73 * 0.07 *
* f(P ) * 0.15 * 0.90 * -0.00 * 0.01 * 0.05 * 0.01 * -0.01 * 0.12 *
* f(PB ) * 0.04 * 0.04 * 0.05 * 0.16 * -0.06 * 0.07 * -0.45 * -0.60 *
* f(LOI) * 0.03 * 0.04 * 0.03 * 0.01 * 0.01 * 0.91 * -0.04 * -0.01 *
* f(SB ) * 0.11 * 0.15 * 0.19 * 0.23 * 0.65 * -0.08 * 0.12 * -0.16 *
* f(SE ) * -0.14 * 0.14 * 0.71 * -0.12 * 0.39 * -0.05 * -0.04 * 0.04 *
* f(SM ) * 0.15 * 0.84 * 0.14 * 0.04 * 0.09 * 0.04 * -0.24 * -0.12 *
* f(SR ) * 0.21 * 0.87 * 0.00 * 0.09 * -0.05 * -0.06 * -0.17 * -0.02 *
* f(TH ) * 0.14 * 0.71 * 0.19 * 0.18 * 0.04 * 0.02 * -0.37 * -0.18 *
* f(TI ) * 0.68 * 0.28 * 0.10 * 0.07 * 0.06 * 0.13 * -0.07 * -0.31 *
* f(U ) * -0.06 * 0.37 * 0.58 * 0.06 * 0.29 * 0.12 * 0.07 * -0.21 *
* f(W ) * 0.08 * 0.03 * 0.76 * 0.13 * -0.24 * 0.02 * 0.05 * -0.04 *
* f(Y ) * 0.32 * 0.85 * 0.13 * -0.04 * 0.12 * 0.04 * -0.16 * 0.04 *
* f(ZN ) * 0.31 * 0.27 * 0.08 * -0.01 * 0.07 * -0.14 * -0.67 * -0.02 *
* f(CU ) * 0.22 * 0.26 * 0.02 * 0.13 * 0.01 * 0.15 * -0.70 * -0.15 *
*****

```

Résultats d'analyse en composante principale
Fraction fine (268 échantillons).

```

*****
* m      * 1 * 3 * 2 * 5 * 6 * 7 * 4 *
*      * * * * * * * * *
* Valeur * 9.33 * 2.80 * 4.28 * 1.25 * 1.04 * 1.10 * 2.10 *
* propre * * * * * * * * *
*      * * * * * * * * *
* %      * 32.2 * 9.7 * 14.8 * 4.3 * 3.6 * 3.6 * 7.1 *
*****
* f(AL ) * 0.89 * 0.22 * -0.20 * 0.00 * -0.00 * 0.00 * 0.03 *
* f(AS ) * 0.20 * 0.18 * -0.01 * -0.09 * 0.02 * -0.00 * 0.15 *
* f(AU ) * 0.03 * -0.06 * -0.01 * 0.09 * -0.00 * 0.96 * -0.01 *
* f(BA ) * 0.75 * 0.14 * -0.15 * -0.11 * 0.07 * 0.03 * 0.40 *
* f(BR ) * 0.08 * 0.62 * -0.33 * 0.09 * -0.05 * -0.01 * -0.06 *
* f(CA ) * 0.30 * 0.04 * -0.35 * 0.11 * -0.06 * -0.03 * 0.79 *
* f(CO ) * 0.79 * 0.17 * -0.30 * 0.03 * 0.07 * -0.02 * -0.01 *
* f(CR ) * 0.91 * 0.08 * -0.08 * -0.06 * -0.02 * 0.02 * 0.15 *
* f(CU ) * 0.81 * 0.15 * -0.32 * -0.03 * 0.06 * 0.10 * 0.08 *
* f(FE ) * 0.83 * 0.13 * -0.30 * 0.06 * -0.01 * -0.00 * 0.00 *
* f(HG ) * 0.13 * 0.78 * -0.11 * 0.12 * 0.02 * -0.11 * -0.01 *
* f(LA ) * 0.48 * 0.23 * -0.75 * -0.09 * 0.00 * -0.00 * 0.19 *
* f(LI ) * 0.72 * 0.01 * -0.27 * 0.26 * 0.00 * 0.01 * 0.19 *
* f(MG ) * 0.80 * -0.06 * -0.16 * 0.10 * -0.00 * -0.00 * 0.41 *
* f(MN ) * 0.59 * 0.09 * -0.36 * 0.06 * 0.00 * -0.06 * 0.09 *
* f(NI ) * 0.90 * 0.04 * -0.18 * -0.05 * 0.05 * 0.02 * 0.18 *
* f(P ) * 0.16 * -0.03 * -0.66 * 0.09 * -0.08 * -0.02 * 0.40 *
* f(PB ) * 0.49 * 0.49 * -0.08 * -0.04 * 0.11 * 0.14 * 0.20 *
* f(LOIS)* 0.14 * 0.87 * -0.09 * -0.01 * -0.03 * -0.01 * 0.11 *
* f(SB ) * 0.16 * 0.50 * -0.06 * 0.02 * 0.08 * 0.21 * 0.19 *
* f(SE ) * 0.05 * 0.00 * -0.03 * -0.01 * 0.98 * -0.00 * -0.02 *
* f(SM ) * 0.40 * 0.26 * -0.79 * -0.11 * 0.02 * 0.04 * 0.10 *
* f(SR ) * 0.37 * 0.21 * -0.35 * -0.07 * 0.03 * 0.01 * 0.71 *
* f(TH ) * 0.52 * 0.11 * -0.69 * 0.01 * 0.06 * 0.06 * 0.25 *
* f(TI ) * 0.91 * 0.09 * -0.13 * 0.05 * -0.02 * -0.04 * 0.04 *
* f(U ) * 0.06 * 0.06 * -0.65 * 0.46 * 0.12 * -0.03 * 0.03 *
* f(W ) * 0.04 * 0.10 * -0.01 * 0.89 * -0.03 * 0.09 * 0.02 *
* f(Y ) * 0.49 * 0.14 * -0.75 * 0.03 * 0.00 * 0.02 * 0.18 *
* f(ZN ) * 0.66 * 0.28 * -0.30 * 0.15 * 0.04 * 0.08 * 0.19 *
*****

```


ANNEXE 3

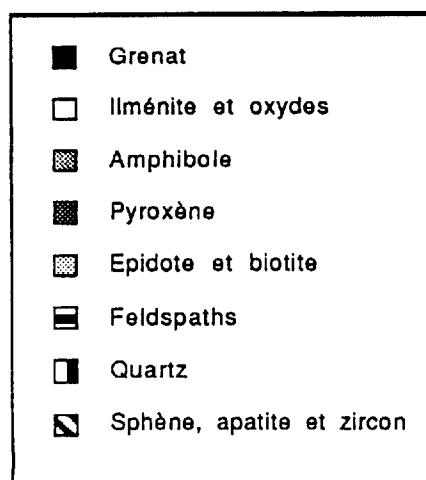
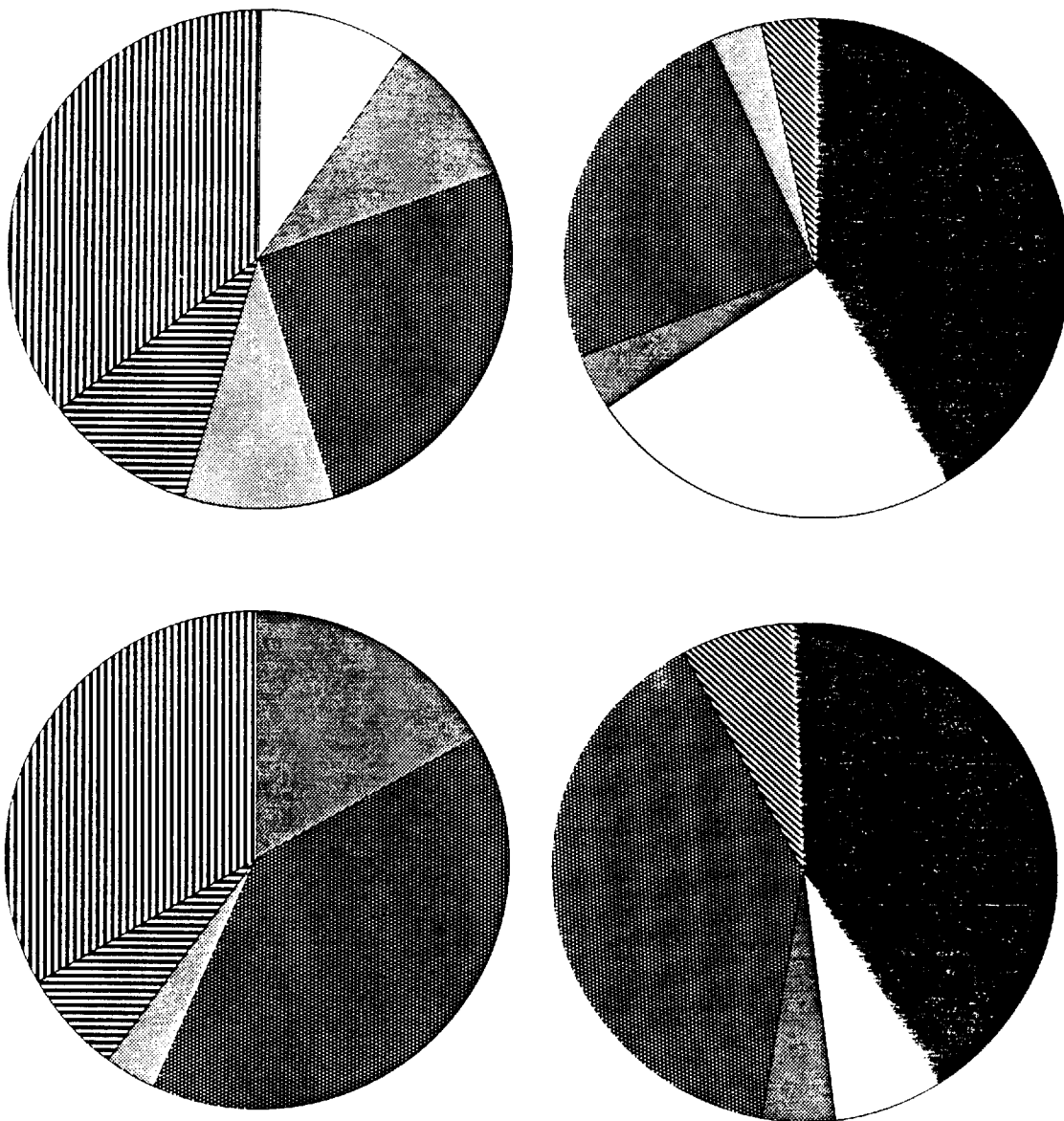
Echantillonnage complémentaire**Poids des différentes fractions**

	> 5mm	<3.3	>3.3	mag
1	1100	43.90	71.85	1.45
2	0700	32.75	9.3	0.1
3	1900	27.6	33	11.3
4	2800	36.8	58.55	2.1
5	3800	32.85	6.35	2.5
6	1200	40.9	22.8	2.85
7	0300	77.75	58.7	0.7

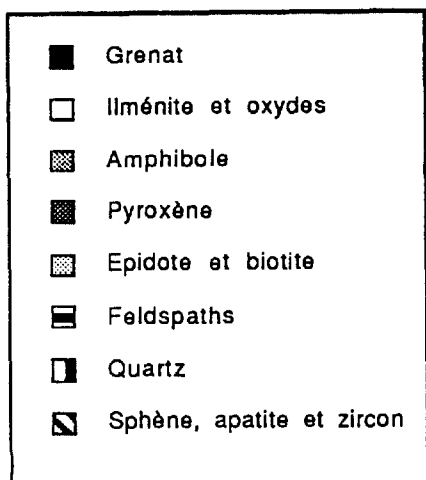
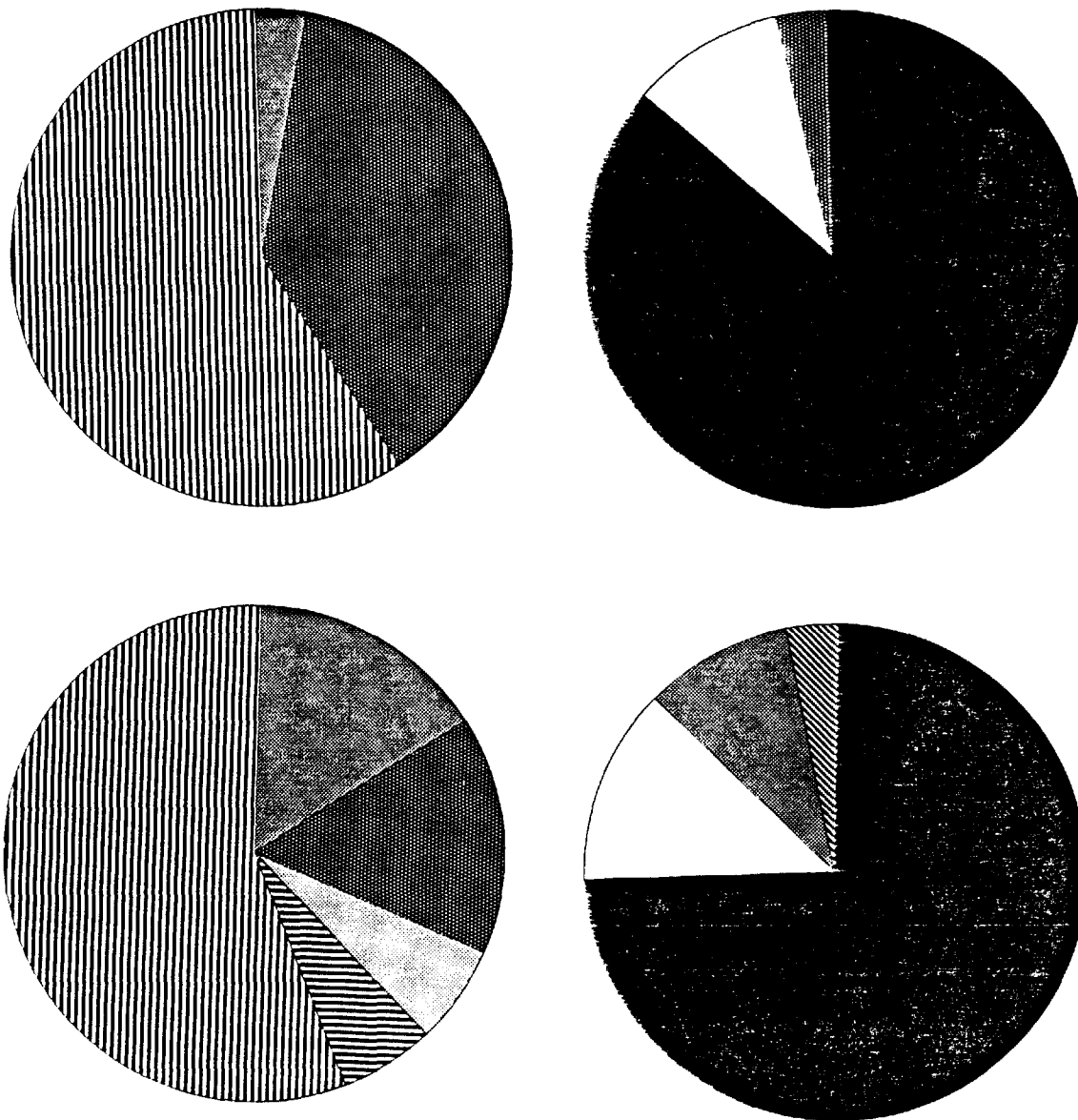
poids en gramme

ANNEXE 4

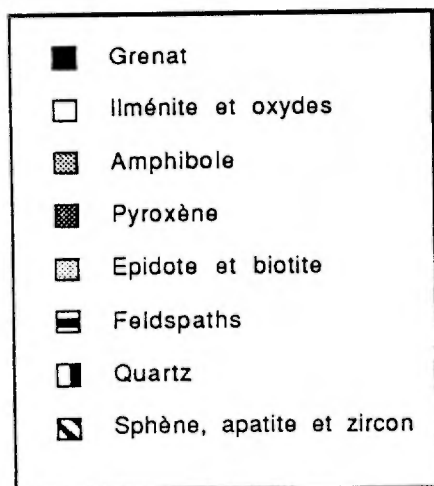
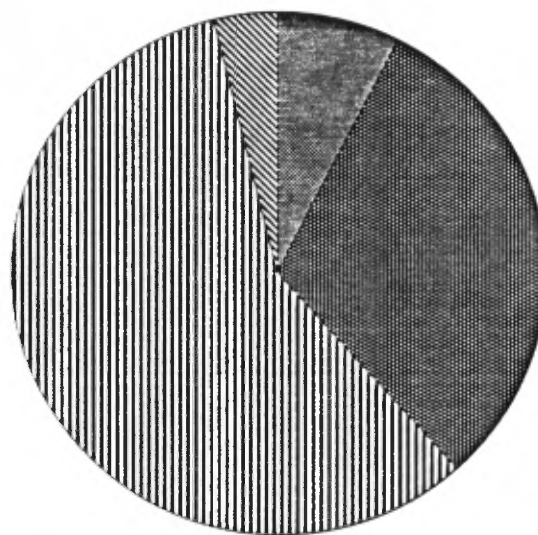
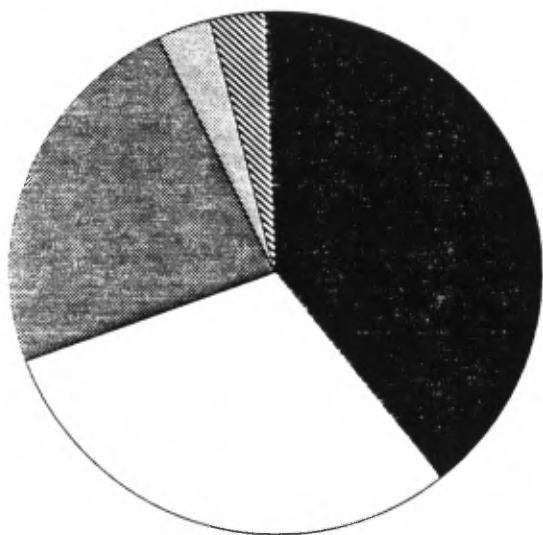
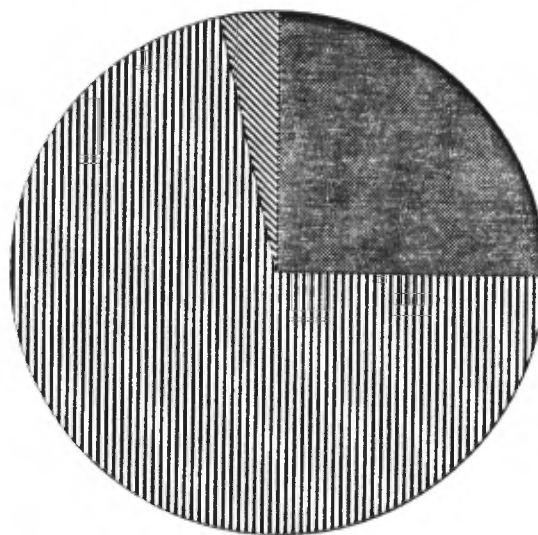
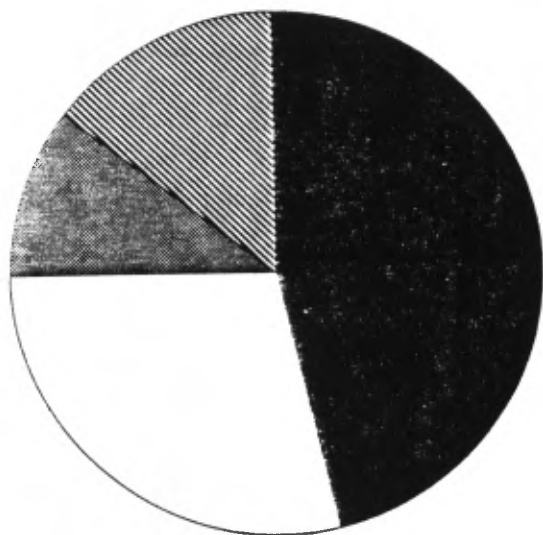
Etude minéralogique



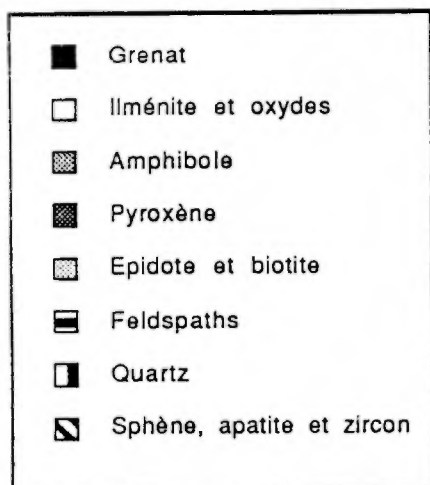
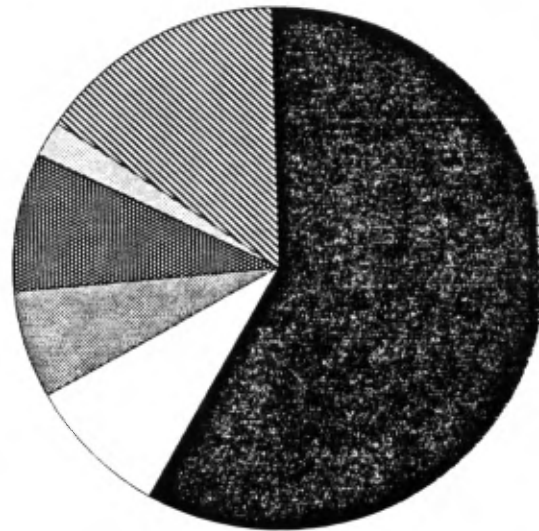
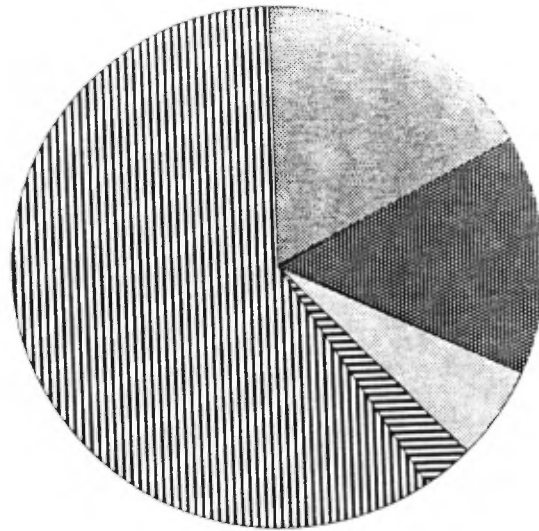
Répartition des minéraux lourds dans les fractions moyennes (à gauche) et lourdes (à droite) des échantillons CB-01 et 02, anomalie d'Au de Gatineau.



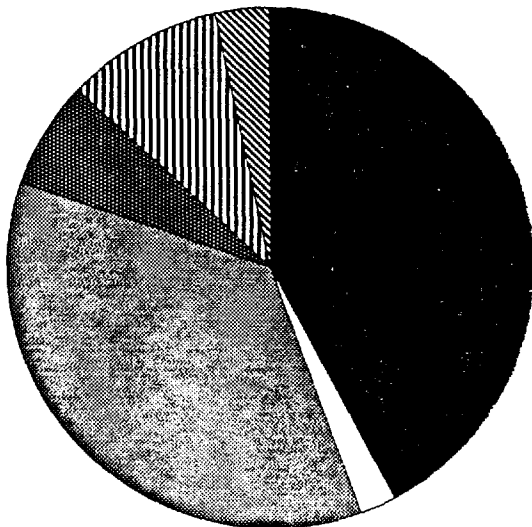
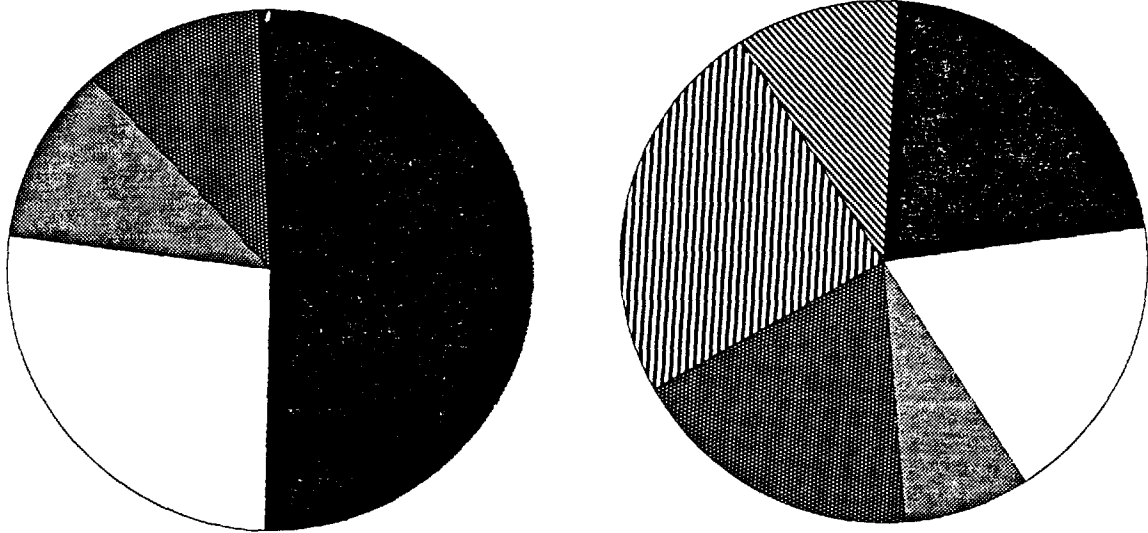
Répartition des minéraux lourds dans les fractions moyennes (à gauche) et lourdes (à droite) des échantillons CB-03 et 04, anomalie d'Au de Lac Bertrand.



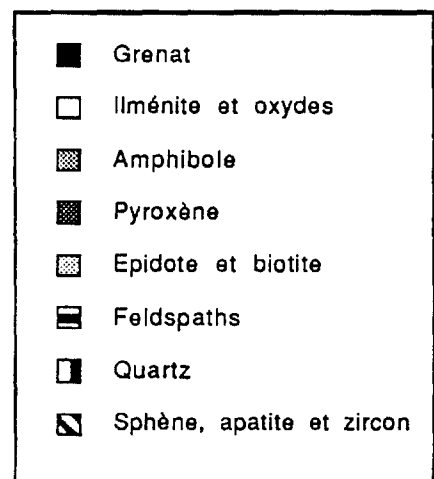
Répartition des minéraux lourds dans les fractions lourdes (à gauche) et moyennes (à droite) des échantillons CB-05 et 06, anomalie de terres rares de Lac David.



Répartition des minéraux lourds dans les fractions moyennes (en haut) et lourdes (en bas) de l'échantillon CB-07, anomalie d'Au de Lac Roddick.



Répartition des minéraux lourds dans les fractions lourdes des levés MERQ; de gauche à droite, échantillons 491, 514 et 954.



ANNEXE 5

Planches photographiques

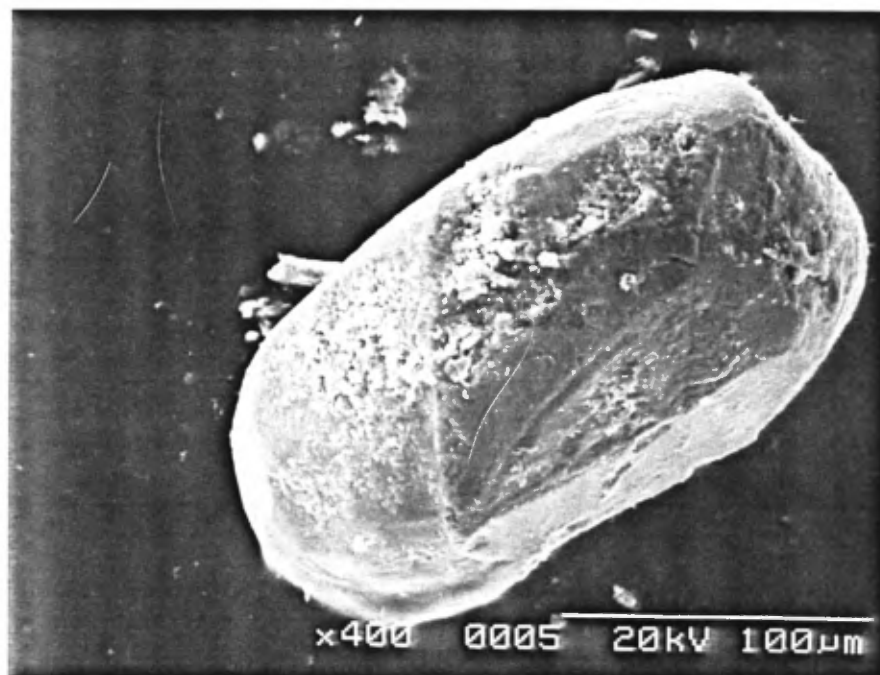
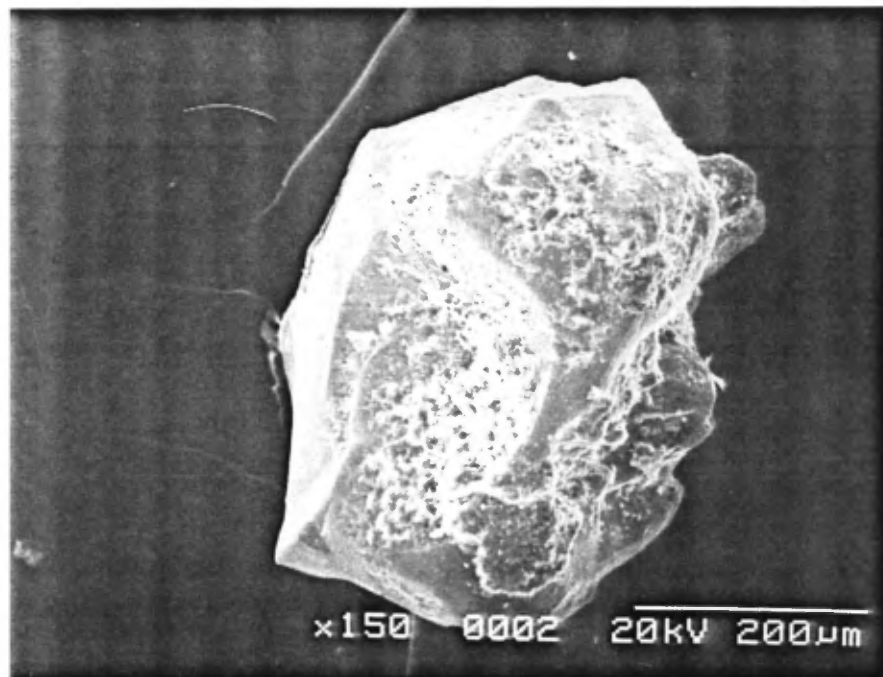


Photo du haut : Sphère vert, échantillon 5, fraction <3,3.
Photo du bas : Sphère brun, échantillon 7, fraction >3,3.

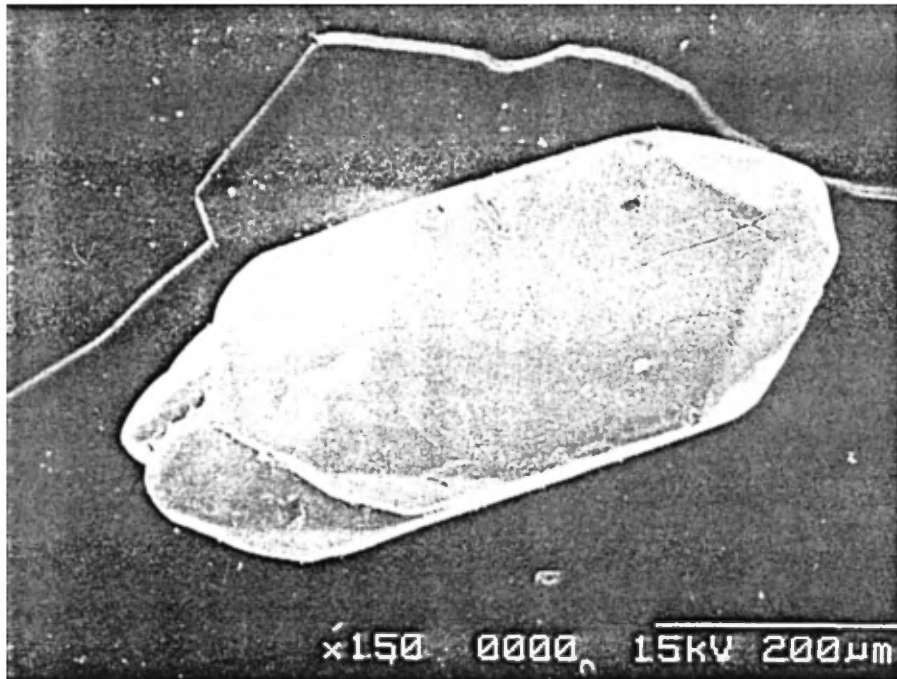


Photo du haut : Zircon, échantillon 6, fraction >3,3.
 Photo du bas : Diatomée récente, *Synedra* sp. dans une cavité de dissolution

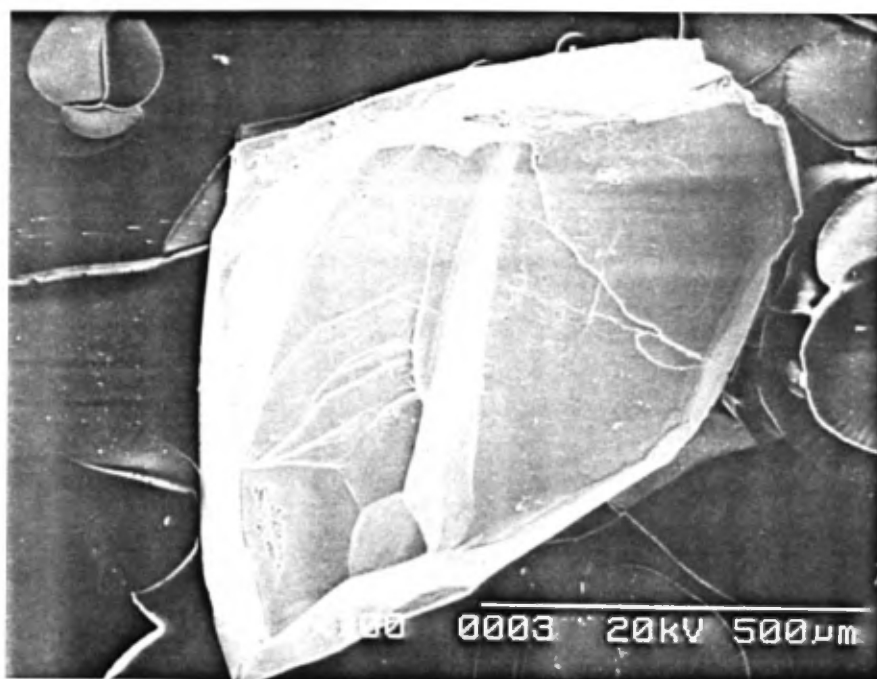
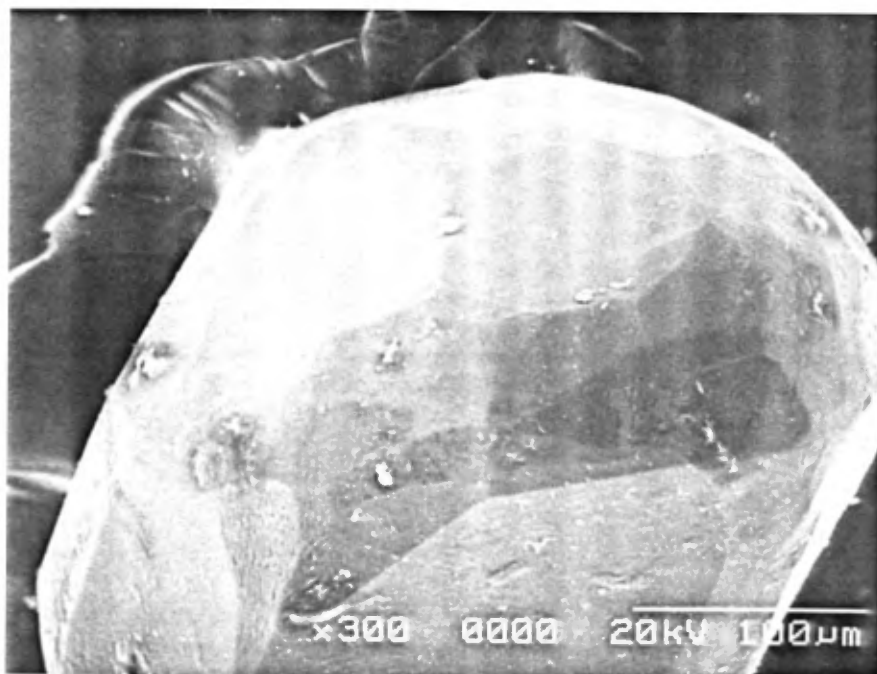


Photo du haut : Chloro-apatite, échantillon 5, fraction <3,3.
Photo du bas : Chloro-apatite, échantillon 6, fraction <3,3.