

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC

MÉMOIRE

PRÉSENTÉ À

L'UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À CHICOUTIMI

COMME EXIGENCE PARTIELLE

DE LA MAÎTRISE EN SCIENCES APPLIQUÉES (M.Sc.A.)

(SCIENCES DE LA TERRE)

PAR

PATRICK CHAMPAGNE

GÉOCHIMIE DE L'INDICE AURIFÈRE ERRATIX, CHIBOUGAMAU

NOVEMBRE 1989



Mise en garde/Advice

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

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

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

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

RÉSUMÉ

L'indice Erratix est un indice aurifère filonien épigénique associé à des cisaillements est-ouest et N060° chevauchant vers le nord. Ces derniers recoupent les metabasites coussinées de la formation de l'Obatogamau du Groupe de Roy, juste à proximité du Complexe Eau Jaune d'âge pré-cinématique. L'indice se situe à quelque 30 kilomètres au sud-ouest du camp minier de Chibougamau.

Des contraintes nord-sud postérieures à la schistosité régionale S_2 sont responsables de ces cisaillements minéralisés. La majorité des intersections aurifères se situent dans un domaine structuralement anomalique où la schistosité S_2 est inversée par rapport aux autres domaines et où l'on retrouve le plus d'intrusions felsiques (reliées au Complexe Eau Jaune). De plus, la forme en molaire des coussins indique la proximité d'une charnière de pli.

Les intersections aurifères sont constituées d'or natif piégé dans des veines (ou veinules) boudinées de quartz fumé fortement cataclaté et accompagné principalement de pyrrhotine et de quelques traces de chalcopryrite. Ces zones sont riches en séricite-carbonate et latéralement non continues. Les halos d'altérations minéralogiques sont essentiellement limités aux cisaillements (carbonate-mica blanc-chlorite-quartz) et aux metabasites encaissants immédiats (chlorite-épidote-carbonate).

Le système est caractérisé par des rapports élevés en $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$, un net enrichissement en K_2O , une faible salinité proposée par une diminution des rapports $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ et une faible densité suggérée par les lessivages en SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , FeO et MgO . Une diminution des rapports $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{FeO}$ suggère un caractère possiblement réducteur s'accordant avec les rapports $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$ qui proposent aussi un milieu où prévalent les réactions réductrices. Ces caractéristiques s'accordent avec le modèle des fluides aurifères épigéniques de l'Abitibi générés par métamorphisme, selon Kerrich (1983). Le système montre toutefois une forte carence en soufre en comparaison avec les gisements similaires de Chibougamau.

On note également des enrichissements en Ba, Rb, Zr, Sr et Cr, des lessivages en W ainsi que de très faibles teneurs en Ag et As. Le diagramme Rb/Zr versus K_2O suggère de plus la présence d'une source magmatique syn-tectonique en relation avec l'or, laissant augurer la possibilité d'un fluide plutôt combiné, c'est-à-dire magmatique et métamorphique.

Le modèle propose ainsi un système hydrothermal généré par métamorphisme combiné à une source magmatique, canalisé ensuite dans des cisaillements chevauchants est-ouest et N060° d'âge kénorien et finalement piégé dans un domaine structuralement anomalique en relation avec une charnière de pli.

REMERCIEMENTS

L'auteur tient à remercier messieurs J. Guha, E.H. Chown et J. Carignan pour leur aide technique et surtout leur grande patience; monsieur J. McCann de SOQUEM pour avoir permis la consultation et l'échantillonnage du projet Erratix; monsieur Paul Archer pour son aide technique au tout début du projet; mademoiselle Annie Larouche pour m'avoir laissé consulter son mémoire et le Ministère de l'Énergie et des Ressources pour les dépenses d'analyses par un contrat au Centre d'Études des Ressources Minérales à l'UQAC et au FCAR.

PRÉSENTATION ET OBJECTIFS

L'indice Erratix est un indice aurifère filonien associé à des cisaillements dans un contexte volcanique mafique. L'objectif premier de ce mémoire est d'établir et de présenter les profils géochimiques des éléments majeurs et traces de cet indice dans le but d'une étude des patrons d'altérations hydrothermaux. Les contextes géologique et structural seront préalablement présentés afin d'établir la chronologie des événements, de même qu'une étude en profils des assemblages minéralogiques majeurs dans le but d'aider à la compréhension des profils géochimiques. Pour terminer, une brève présentation des gisements de Chibougamau permettra de préciser s'il y a ou non des liens quelconques avec l'indice Erratix.

Tous les travaux géochimiques et pétrographiques ont été effectués sur les deux forages au diamant les plus minéralisés de la campagne d'exploration de SOQUEM en 1985.

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ	ii
REMERCIEMENTS	iii
PRÉSENTATION ET OBJECTIFS	iv
LISTE DES FIGURES	viii
LISTE DES TABLEAUX	ix
LISTE DES PLANCHES	ix
 CHAPITRE I: INTRODUCTION	 1
1.1 Localisation	1
1.2 Historique	3
1.3 Géologie régionale	4
1.4 Description en surface du secteur étudié	6
1.4.1 Géologie locale	6
1.4.2 Structure locale	10
 CHAPITRE II: PÉTROGRAPHIE	 13
2.1 Section synthèse	13
2.2 Métabasaltés	17
2.3 Dykes porphyriques	19
2.4 Dykes mafiques	21
2.5 Veines de quartz	22
2.6 Minéralisation	25
2.7 Zone de cisaillement	28
2.8 Halos d'altérations	31
 CHAPITRE III: GÉOCHIMIE	 35
3.1 Éléments majeurs	35
3.1.1 CO ₂	37
3.1.2 H ₂ O total	37
3.1.3 K ₂ O	39
3.1.4 Na ₂ O	41
3.1.5 MgO	42
3.1.6 FeO	44
3.1.7 Fe ₂ O ₃	45

3.1.8	Al_2O_3	46
3.1.9	SiO_2	46
3.1.10	CaO	50
3.1.11	Soufre	51
3.1.12	P_2O_5	51
3.1.13	TiO_2	51
3.1.14	MnO	53
3.1.15	Résumé/discussion des éléments majeurs	53
3.1.16	Halos d'altérations: réactions chimiques	55
3.2	Éléments traces	59
3.2.1	Au	59
3.2.2	Enrichissements majeurs	61
3.2.2.1	Ba, Rb	61
3.2.2.2	Zr	64
3.2.2.3	As	65
3.2.2.4	Ni, Cr	65
3.2.2.5	Sr	66
3.2.3	Enrichissements mineurs	68
3.2.4	Appauvrissements majeurs	68
3.2.4.1	Fe	68
3.2.4.2	Ti	69
3.2.4.3	W	69
3.2.4.4	Cu, Zn et Co	71
3.3	Autres éléments	74
3.4	Discussion	74
CHAPITRE IV: COMPARAISONS RÉGIONALES		82
4.1	Mine Norbeau	82
4.2	Mine Joe Man (Chibex)	84

CONCLUSIONS	88
RÉFÉRENCES	90
ANNEXE 1 : Forage no 11: profils géochimiques	96
ANNEXE 2 : Résultats géochimiques	108

LISTE DES FIGURES

Figure 1	Localisation générale.....	2
Figure 2a	Géologie régionale	5
Figure 2b	Géologie du canton Rasles	5
Figure 3a	Géologie synthèse des principaux décapages de l'indice Erratix	7
Figure 3b	<i>Idem</i>	8
Figure 4	Localisation et projection des forages étudiés	14
Figure 5	Sections synthèses des forages nos 8 et 14	16
Figure 6	Profils minéralogiques synthèses	30
Figure 7	Halos d'altérations	32
Figure 8	Profils H_2O , CO_2 , Na_2O , K_2O	38
Figure 9	Profils CO_2/H_2O , Fe_2O_3/FeO , FeO/MgO , Na_2O/K_2O	40
Figure 10	Profils Al_2O_3 , FeO , MgO , Fe_2O_3	43
Figure 11	SiO_2 , CaO	47
Figure 12	Profils $SiO_2/CO_2 + S$, CaO/CO_2 , $FeO + MgO/CO_2$, $Na_2O/Na_2O + K_2O$	49
Figure 13	Profil S , MnO , P_2O_5 , TiO_2	52
Figure 14	Profil aurifère	60
Figure 15	Profils As , Ba , Cr	62
Figure 16	Profils Rb , Sr , Zr , W	63
Figure 17	Profils Fe , Ti , Co	67
Figure 18	Profils Ag , Cu , Zn , Ni	70
Figure 19	Profils Nb , Li , Th , Ta	72
Figure 20	Profils Sb , Y , Tl , Pb	73
Figure 21a	Rb versus Zr	76
Figure 21b	Rb/Zr versus Au	76
Figure 21c	K_2O versus Au	76
Figure 22	Diagramme Rb/Zr versus K_2O	78

LISTE DES TABLEAUX

Tableaux minéralogiques:

Tableau 1: Basaltes non-altérés	18
Tableau 2: Dykes porphyriques	18
Tableau 3: Veine de quartz	23
Tableau 4: Cisaillement aurifère	23
Tableau 5: Minéralisation (gangue)	26
Tableau 6: Minéralisation	26
Tableau 7: Comparaisons des Mines Norbeau et Joe Mann et de l'indice Erratix	87

LISTE DES PLANCHES

Planche I: Microphotographie des veines de quartz cataclaté (lumière polarisée)	24
Planche II: Microphotographie de grains d'or dans les veines de quartz (lumière réfléchie)	24

CHAPITRE I

INTRODUCTION

1.1 LOCALISATION

L'indice Erratix se situe à quelque 50 kilomètres au sud-ouest de la ville de Chibougamau, dans la province du Supérieur du Bouclier Canadien. La ville de Chibougamau se localise plus exactement à l'extrémité est de la ceinture de roches vertes de Matagami-Chibougamau près du front grenvillien (fig. 1).

On parvient au secteur étudié en empruntant la route forestière L-209 sud que l'on rejoint à l'embranchement de l'aéroport de Chibougamau sur la route 113 qui relie Chibougamau et Chapais. Il faut ensuite poursuivre sur la route L-209 jusqu'au kilomètre 48 sud. On emprunte alors le chemin no 66 sur environ 6 kilomètres vers l'ouest pour accéder finalement aux zones de décapage de l'indice Erratix.

Ces zones de décapage se situent plus précisément dans le centre-est du canton Rasles.

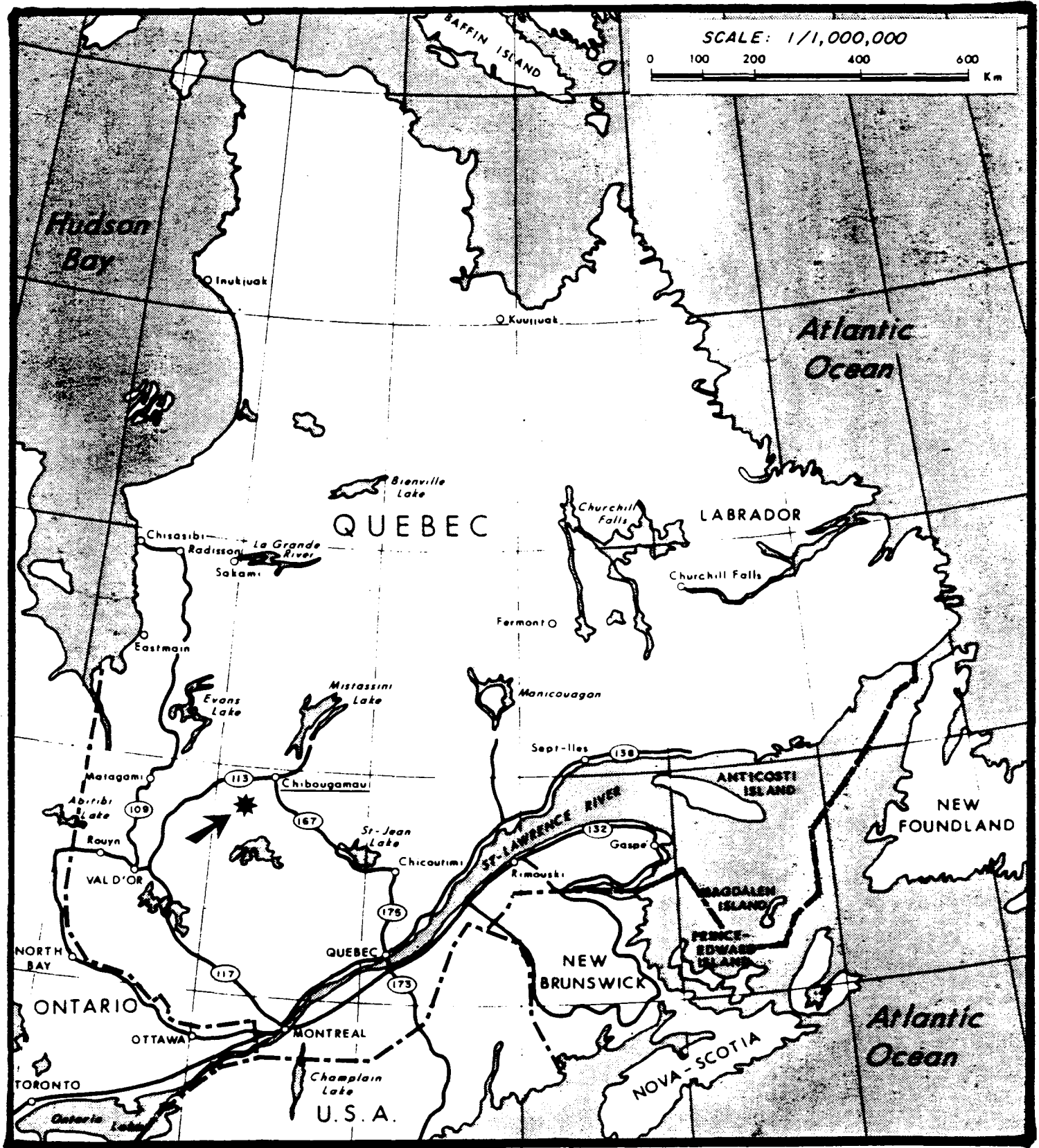


FIG. 1 Localisation générale

1.2 HISTORIQUE

La propriété étudiée appartient à la compagnie d'exploration SOQUEM, secteur de Chibougamau. Des levées géologiques, géophysiques ainsi qu'une campagne de forage effectuée par cette compagnie ont permis la découverte d'un groupe d'affleurements aurifères au cours de l'été 1984. Ces travaux ont aussi amené un projet d'évaluation globale de la propriété de bandes anomaliques "input" par prospection et recherche de blocs erratiques minéralisés.

Les travaux en surface ont révélé la présence de deux cisaillements hôtes de veines aurifères (or visible) dont les teneurs varient de traces à 1226 grammes par tonne métrique sur 0,47 mètre (Vachon, 1985). Ces veines sont toutefois de faible envergure et non-continues. La campagne de forage a pour sa part révélé des teneurs variant de traces à 221 ppm sur 0,50 mètre. Toutes ces anomalies aurifères restent toutefois de faible envergure, erratiques et non-continues.

Les travaux sur cette propriété se sont terminés en automne 1986. Il semble toutefois qu'ils reprendront au cours de l'automne 1989 (SOQUEM, communication personnelle).

1.3 GÉOLOGIE RÉGIONALE (fig. 2a et b)

Le camp minier de Chibougamau se divise en deux groupes lithologiques (Allard et Gobeil, 1984): à la base, le Groupe de Roy constitué de deux cycles volcaniques dont chacun se compose d'une formation mafique et d'une autre felsique et au sommet, le Groupe volcano-sédimentaire d'Opémisca qui repose en discordance sur le Groupe de Roy. L'indice Erratix se retrouve à la base du premier cycle du Groupe de Roy, c'est-à-dire dans la formation d'Obatogamau. Il s'agit d'une formation mafique majoritairement constituée de basaltes coussinés et massifs ainsi que de dykes et filon-couches de gabbros. Ces laves sont également caractérisées par des plagioclases porphyriques.

La région est également recoupée par de nombreuses masses intrusives felsiques et par des complexes mafiques à ultramafiques. Les plus importants de ces derniers sont le complexe du Lac Doré et le complexe de Cummings. Pour leur part, les masses intrusives felsiques se divisent en trois catégories selon leur relation structurale (Racicot et al, 1984), c'est-à-dire pré-cinématique, syn-cinématique et post-cinématique. Seules les masses pré-cinématiques et les variétés alcalines post-cinématiques auraient une importance économique (Racicot et al, 1984). La propriété d'Erratix se situe à proximité d'une masse pré-cinématique, le

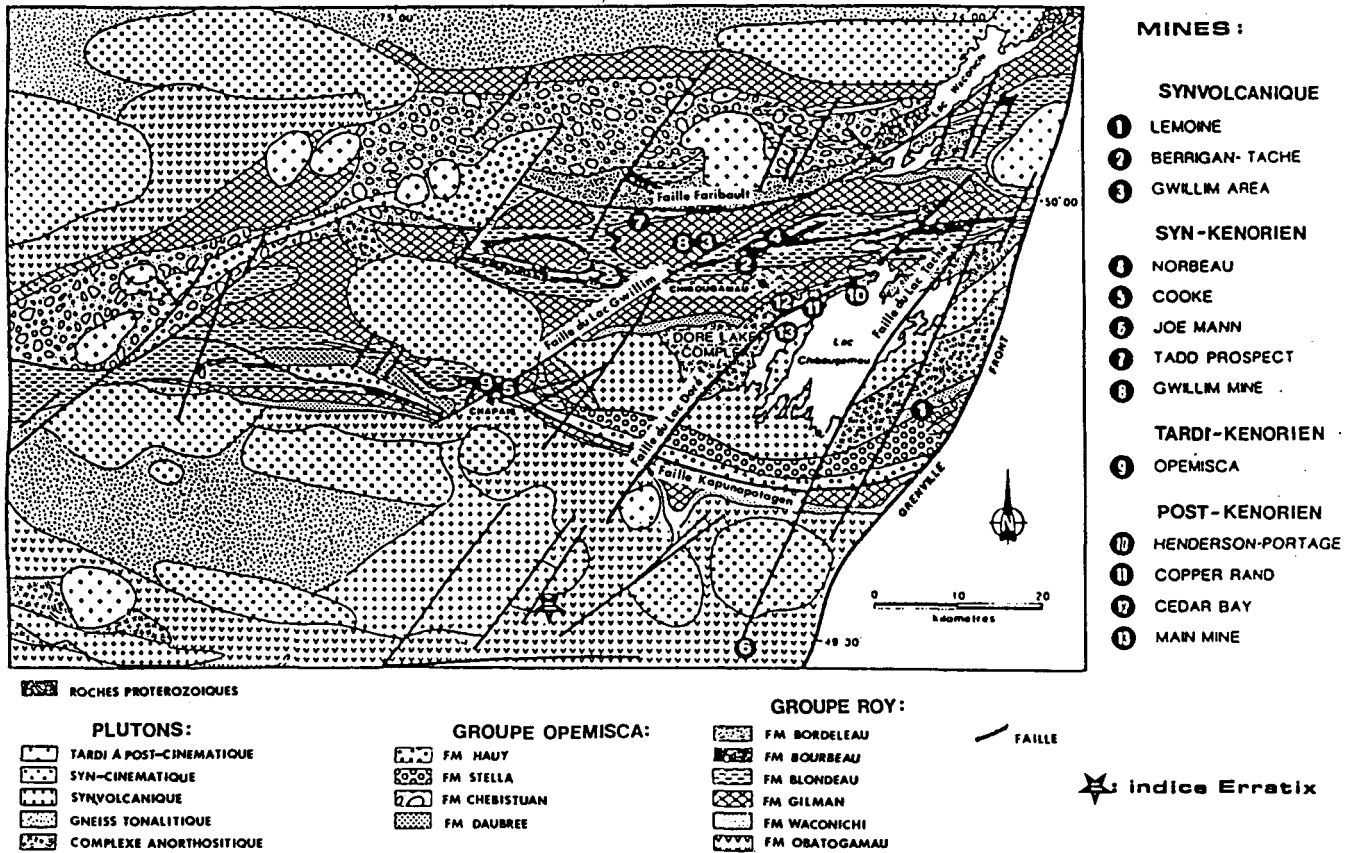


Fig. 2a Géologie régionale (modifiée de Guha et al., 1988)

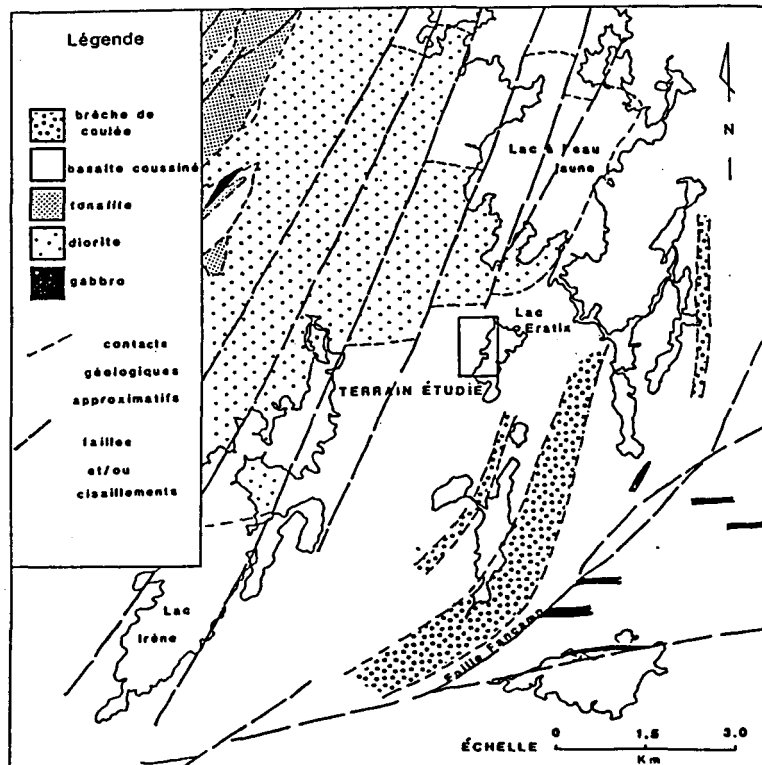


Fig. 2b Géologie du canton Raseles (Tait et al., 1987)

Complexe Eau Jaune, de composition dioritique à tonalitique (Tait et al, 1987).

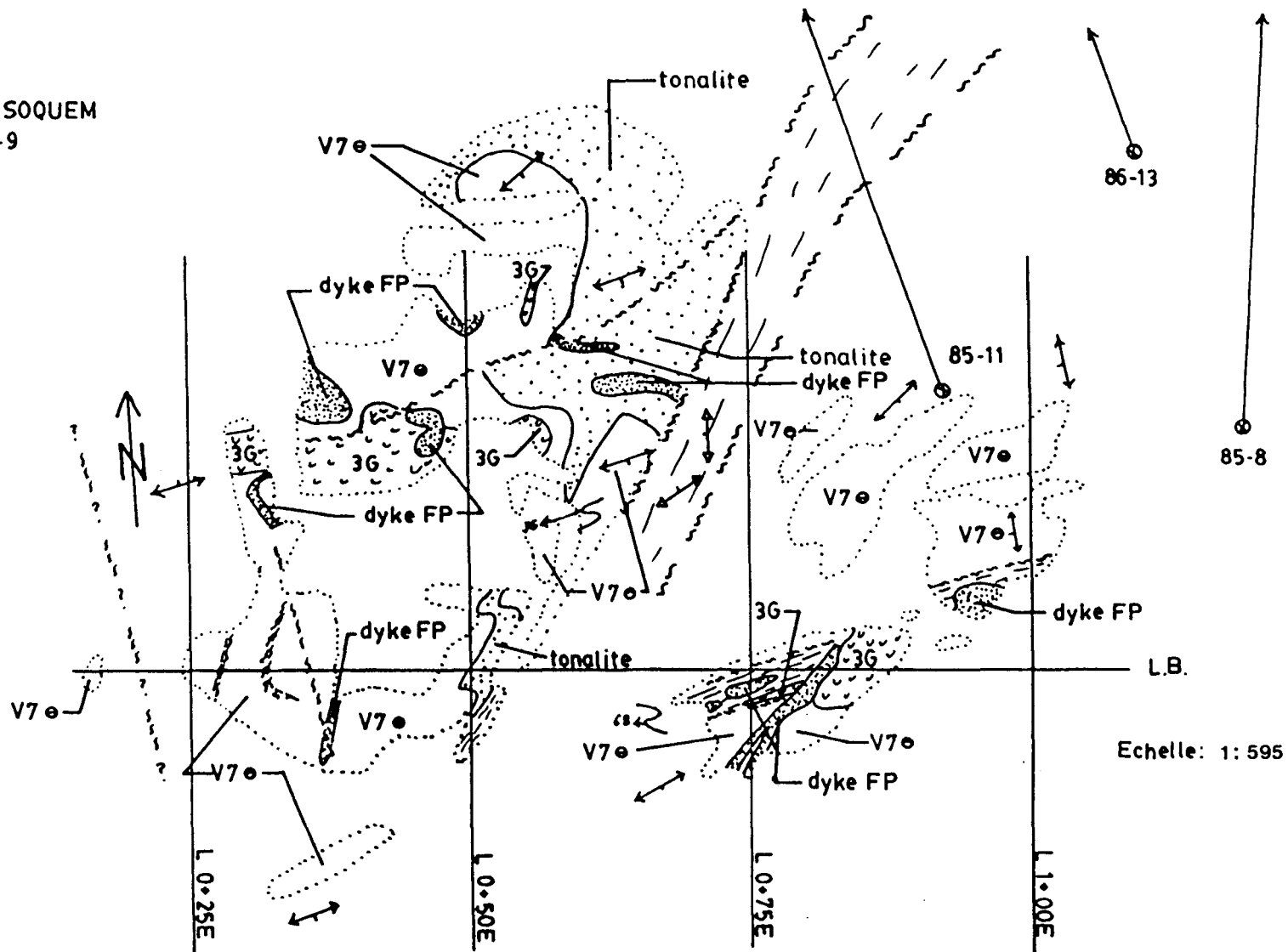
Enfin, la région fut affectée par trois périodes de déformation (Daigneault et Allard, 1984) et métamorphisée au faciès schiste-vert. La seconde période, la plus importante, est responsable de la schistosité régionale S_2 d'orientation est-ouest à est-nord-est et d'âge kénorien. Au cours de cette période, des failles longitudinales est-ouest et parallèles à S_2 (ex.: Kapunapotagen et Faribault), des failles nord-est plus tardives (ex.: Lac Gwillim et Lac Taché) ainsi que des failles nord-ouest moins abondantes, moins étendues et associées à certaines failles nord-est, comme celles du Lac Doré (Daigneault et Allard, 1984), se sont développées régionalement et tiennent un rôle important au niveau des minéralisations. La troisième période de déformation, d'âge grenvillien, ne se fait sentir qu'à proximité du front grenvillien. On note aussi quelques failles cassantes nord-nord-est reliées à cette période.

1.4 DESCRIPTION EN SURFACE DU SECTEUR ÉTUDIÉ

1.4.1 Géologie locale

Les contextes géologique et structural de l'indice Erratix en surface sont représentés aux figures 3a et 3b. Ces cartes sont extraites des

D'après SOQUEM
plan 21-9
1985



LEGENDE: voir fig. 3a

NB:  tonalite

Fig. 3b GÉOLOGIE SYNTHÈSE DES PRINCIPAUX
DÉCAPAGES DE L'INDICE ERRATIX

travaux de SOQUEM (Vachon, 1985). On y retrouve principalement des empilements de méta-basaltes coussinés, souvent porphyriques, de la formation d'Obatogamau, recoupés par des dykes à quartz et/ou feldspaths porphyriques et de quelques gabbros. Ces affleurements se situent à 750 mètres environ au sud-est du Complexe pré-cinématique Eau Jaune (Tait et al, 1987).

Parmi les différents dykes présents sur la propriété, on note une petite masse plus importante au contour irrégulier sur laquelle dévie un des deux cisaillements minéralisés (fig. 3b). On associe pour le moment cette petite masse à phénocristaux de quartz et feldspaths au Complexe Eau Jaune (Larouche, 1988 et Daigneault et al, 1988). Il faut mentionner que toutes les teneurs aurifères importantes se situent à proximité de ce massif.

Les dykes felsiques sont postérieurs aux quelques gabbros locaux et semblent majoritairement recoupés, donc antérieurs, par les cisaillements minéralisés. Daigneault et al (1988) les relient vraisemblablement au Complexe Eau Jaune. On observe toutefois quelques dykes quartzo-feldspathiques qui recoupent les cisaillements (fig. 3b), suggérant ainsi la possibilité d'un intrusif syn-tectonique en profondeur en relation possible avec la minéralisation.

Les coulées massives sont très rares sinon absentes de la zone étudiée. On peut néanmoins en retrouver sur certains affleurements avoisinant les zones décapées.

Enfin, Vachon (1985) a également identifié quatre minces bandes de tuf intermédiaire (30 à 50 cm) recoupées par les cisaillements aurifères. Il s'agit plutôt ici d'empreintes d'altération symétriques le long de fines veines de quartz (moins de 1 cm) associées à des fractures orientées N20°W (Daigneault et al, 1988).

1.4.2 Structure locale

Le contexte structural du secteur étudié se résume à deux épisodes majeurs de déformation (Larouche, 1988): le premier suscité par des contraintes est-ouest et le deuxième par des contraintes nord-sud.

Les contraintes est-ouest sont responsables de la schistosité locale d'orientation généralement nord-sud. Elle est mesurée à partir de l'axe principal d'étirement des coussins et des phénocristaux de plagioclases. Il s'agit ici d'un clivage de flux en tout point comparable à la schistosité régionale de Chibougamau (S_2), d'orientation toutefois nord-est à est-ouest (Tait et al, 1987). Larouche (1988) attribue la schistosité locale au même événement de

déformation S_2 , mais avec des contraintes différentes provenant vraisemblablement d'un pluton syn-tectonique.

Toujours concernant les contraintes est-ouest, des cisaillements ductiles conjugués plus tardifs de direction nord-nord-est et nord-ouest se développent. Il s'agit toutefois de cisaillements de faible envergure et épaisseur (10-50 cm). De plus, leurs déplacements sont relativement négligeables.

Le deuxième épisode de déformation (contrainte nord-sud) est principalement responsable des cisaillements aurifères. On en distingue deux types: un premier de direction est-ouest et $N60^\circ W$ et chevauchant du sud vers le nord (80° sud); un deuxième de direction $N60^\circ W$ mais à mouvements obliques senestres (70° sud-est). Ces cisaillements ont entre un et deux mètres de largeur en surface. Seul le premier type de cisaillement contient les teneurs aurifères importantes. Il est important de souligner que ces structures recoupent et entraînent la schistosité régionale S_2 . Les structures coussinées indiquent également une déformation en molaire soulignant la proximité d'une charnière de pli (Daigneault et al, 1988).

Pour conclure, les cisaillements aurifères sont en partie comparables aux grands couloirs de déformation est-ouest comme les failles Kapunapotagen, Faribault, etc. (Daigneault et Allard, 1984). Le fort contenu en carbonate de fer, la minéralisation aurifère et le

caractère chevauchant des cisaillements d'Erratix s'apparentent à ces couloirs de déformation est-ouest. Toutefois, ces grands couloirs ne recoupent pas la schistosité régionale S_2 , mais y sont plutôt parallèles et séparent de plus deux lithologies différentes.

Larouche (1988) démontre également que les failles Gwillim et du Lac Taché ne sont pas associées au même épisode de déformation que l'indice Erratix. Elle isole plutôt le cas Erratix en l'expliquant justement à partir des deux épisodes de déformation décrits plus haut.

CHAPITRE II

PÉTROGRAPHIE

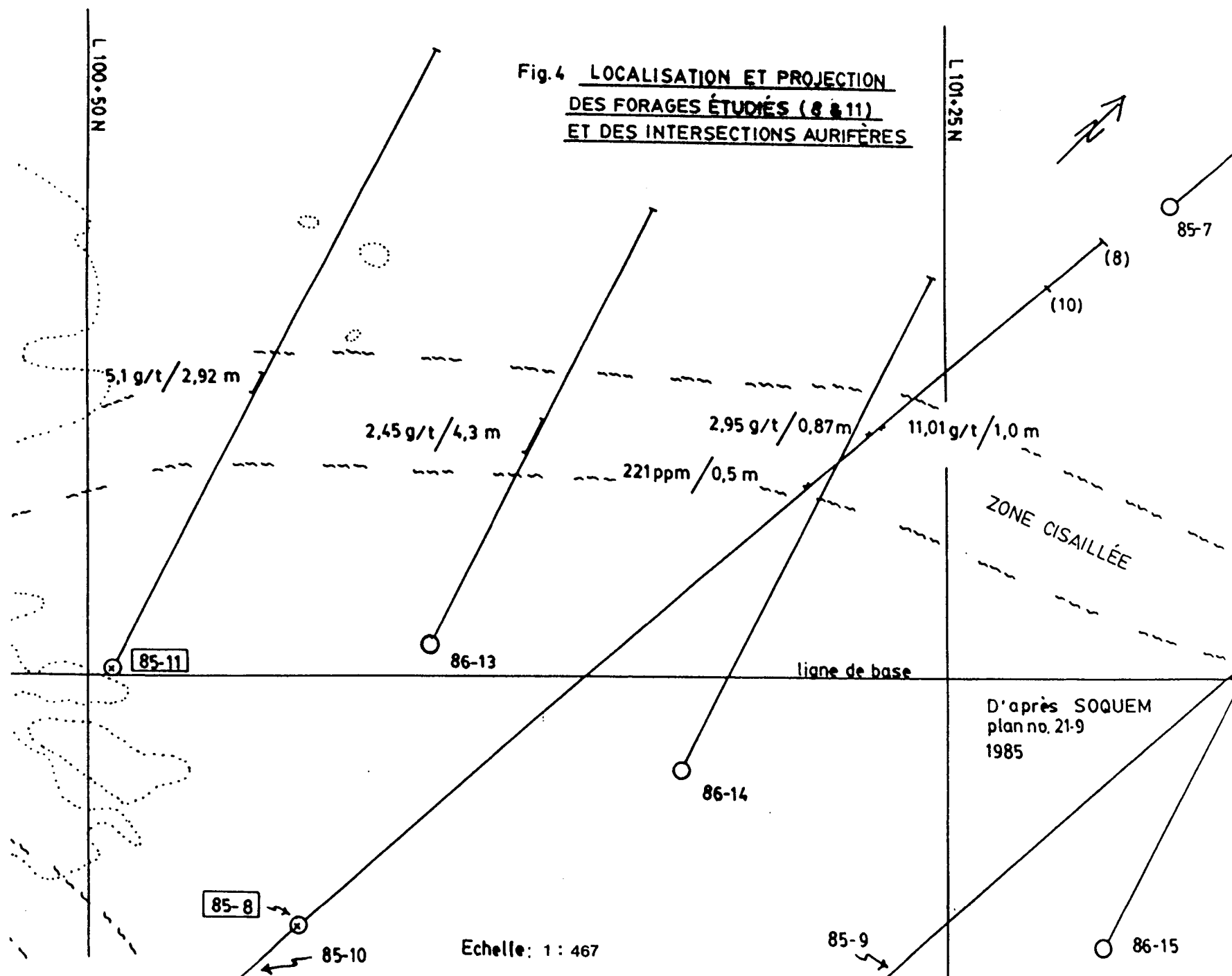
Ce chapitre a pour objet d'établir une description synthèse des principaux types de lithologie ainsi que de la minéralisation aurifère reconnue à l'indice Erratix. Ces descriptions seront principalement axées sur les associations minéralogiques afin de soumettre un tableau des halos d'altérations pour fins d'interprétation des profils géochimiques du chapitre suivant. Chacune des descriptions sera accompagnée d'un tableau-pourcentage minéralogique.

Il faut préciser que ces descriptions sont établies principalement à partir d'observations en lames minces et polies de quatre forages au diamant réalisés par SOQUEM en 1985-86 (nos 85-8, 85-9, 85-11 et 86-13). Ces forages sont localisés à la figure 4. Ils représentent les meilleures intersections aurifères de la campagne de forage. La figure 6 fournit un résumé schématique en profils des pourcentages minéralogiques.

2.1 SECTION SYNTHESE

Avant d'aborder les descriptions pétrographiques en tant que telles, il serait bon de soumettre un aperçu sommaire des forages considérés dans cette étude.

Fig.4 LOCALISATION ET PROJECTION
DES FORAGES ÉTUDIÉS (8 & 11)
ET DES INTERSECTIONS AURIFÈRES

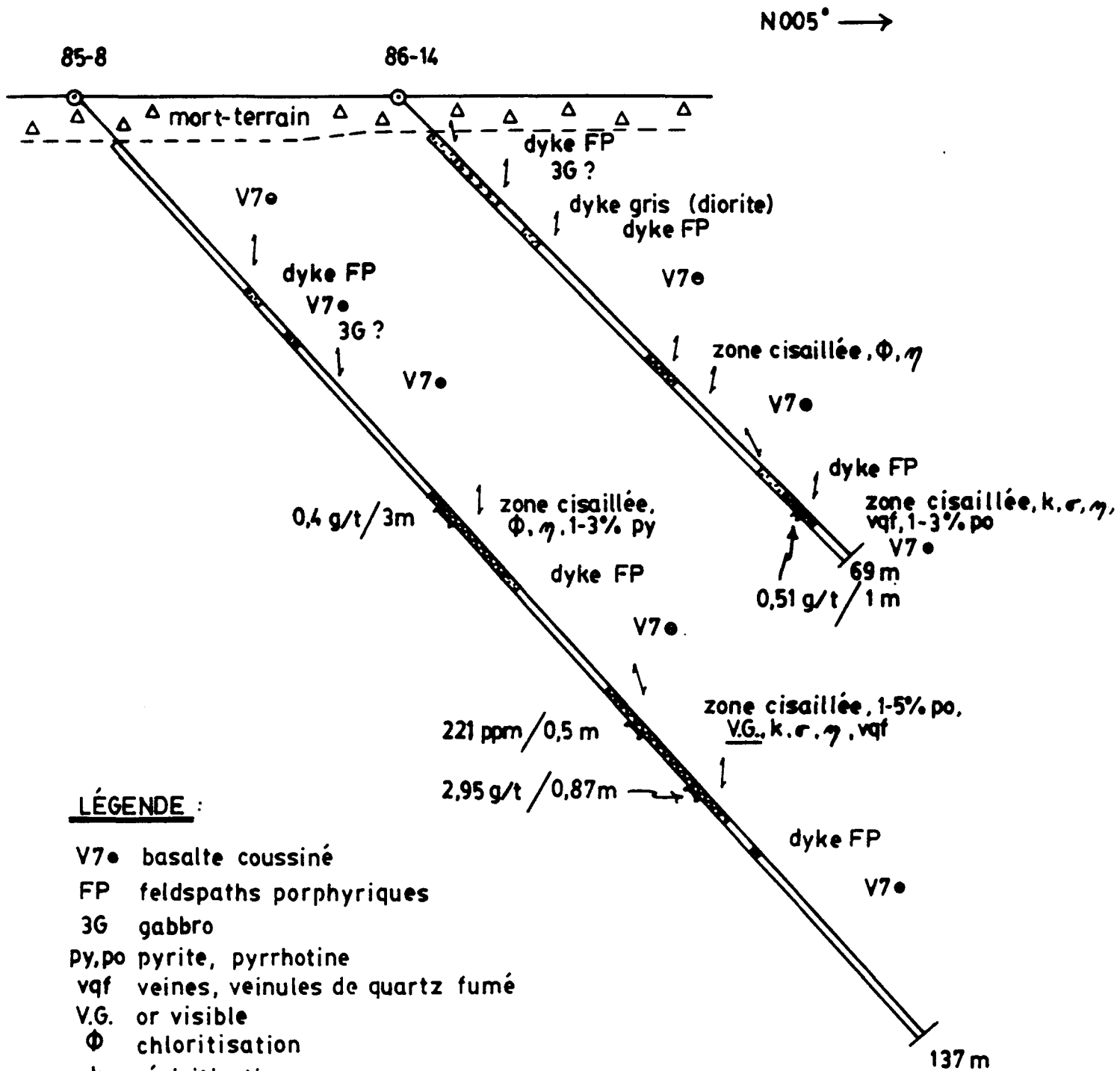


Il s'agit de sections relativement simples. Elles sont majoritairement composées d'un empilement de coussins basaltiques plus ou moins porphyriques (plagioclases) recoupé par un cisaillement majeur aurifère et de quelques cisaillements associés de moindre importance. Le cisaillement majeur correspond en surface à un cisaillement chevauchant vers le nord de direction N50°W à N 60°W (fig. 4). Les pendages en surface indiquent environ 75° vers le sud-est-nord-est tandis qu'ils semblent beaucoup plus sub-verticaux en forage à cause d'une certaine confusion des corrélations en sections (fig.5).

Les forages traversent le cisaillement aurifère sur des longueurs situées entre 15 et 25 mètres, le plus souvent autour de 15 mètres. Les zones aurifères sont toutes associées directement ou indirectement à des veines ou veinules de quartz fumé à l'intérieur du cisaillement majeur. Les forages 85-8, 85-10, 85-11, et 83-13 ont révélé les plus fortes teneurs aurifères de la campagne (fig. 4). Les profils géochimiques ont été effectués sur les forages 85-8 et 85-11.

Enfin, les forages étudiés recoupent quelques dykes porphyriques de faible largeur (1 à 3 mètres en sections). Plus rarement, on note aussi quelques dykes gabbroïques antérieurs aux dykes précédents. Ces dykes semblent tous antérieurs au cisaillement minéralisé et ne révèlent aucune teneur notable. Il faut toutefois souligner que l'on peut rencontrer quelques rares et minces "passées" intrusives felsiques fortement altérées à l'intérieur de ce cisaillement (dyke ou fragment ?).

Fig.5 SECTIONS SYNTHÈSES DES
FORAGES 8 & 14.



LÉGENDE :

- V7● basalte coussiné
- FP feldspaths porphyriques
- 3G gabbro
- py, po pyrite, pyrrhotine
- vqf veines, veinules de quartz fumé
- V.G. or visible
- Φ chloritisation
- k séricitisation
- σ silicification
- η carbonitisation
- ϵ épidotisation
- \ foliation, contact

Echelle 1:620

2.2 MÉTABASALTES (tableau 1)

Les metabasaltes-basaltes représentent nettement la lithologie dominante des forages étudiés. Ils sont majoritairement coussinés et peuvent contenir jusqu'à 10% de plagioclases porphyriques surtout d'échelle millimétrique. En surface, les coussins ont entre 1 et 1.5 mètre de long (en moyenne) selon le grand axe d'étirement. Il est également possible d'y observer du matériel hyaloclastique plus felsique inter-coussiné.

En cassure fraîche, la roche est de couleur vert-gris foncé homogène, de grains fins (< 1 mm) à aphanitique et habituellement plus schisteuse à l'approche des cisaillements.

En lame mince, il s'agit d'une roche microcristalline à texture microlitique constituée de lattes de plagioclases reliques non-orientées. Ces reliques sont maintenant constituées d'agrégats d'épidotes et de quartz. On peut observer très occasionnellement des arrangements trachytiques-fluidaux de lattes de plagioclases reliques. Ces lattes ont moins de 0.2 mm de longueur. Il existe néanmoins quelques rares plagioclases non-altérés (secondaires?) dont la composition varie de An 23 à An 33 (oligoclase).

Globalement, les reliques de plagioclases baignent dans un agrégat d'actinolite/hornblende, de chlorite, de quartz, de zoïsite et accessoirement de leucoxène, micas blancs, carbonates et oxydes de fer (voir pourcentages, tableau 1).

TABLEAU 1

BASALTES NON-ALTÉRÉS

<u>Minéral</u>	<u>%</u>	<u>Remarques</u>
Plagioclase	25-37	Tous reliques
Hornblende	30-38	et/ou actinolite
Epidote	20	surtout zoïsite
Chlorite	10-15	
Quartz	< 7	
Micas blancs	0-1	muscovite
Leucoxène	0-1	
Carbonate	Trace	calcite
Clinopyroxène	??	relique
Opaques	0-3	

TABLEAU 2

DYKES PORPHYRIQUES

<u>Minéral</u>	<u>%</u>	<u>Remarques</u>
Plagioclase	23-49	An 29 à An 38
Hornblende	11-25	et/ou actinolite
Quartz	7-42	% dépend du taux d'altération
Clinopyroxène(?)	0-3	reliques (altérés en chlorite et hornblende)
Epidote	2-35	% dépend du taux d'altération
Chlorite	3-25	% dépend du taux d'altération
Micas blancs	2-20	% dépend du taux d'altération
Sphène	trace	
Apatite	trace	
Carbonate	trace	
Opaques	0-3	

A l'approche des cisaillements minéralisés, les amphiboles s'altèrent complètement au profit des chlorites, zoïsites, calcites et quartz. On note également une diminution de la granulométrie et la disparition complète de toute texture primaire.

Enfin, il est intéressant de noter que l'assemblage minéralogique de ces metabasites non-altérées (tableau 1) ressemblent sensiblement aux basaltes massifs typiques de l'Obatogamau décrits par Tait et al, (1987) et ce, malgré les nettes évidences de structures coussinées des échantillons étudiés.

2.3 DYKES PORPHYRIQUES (tableau 2)

Les forages étudiés sont recoupés par deux types de dykes: des dykes felsiques porphyriques et des dykes mafiques.

Les dykes porphyriques sont omniprésents dans presque tous les forages, mais en quantité mineure. En sections, leur épaisseur se situe entre un et trois mètres et ont une faible extension. D'ailleurs, aucune corrélation structurale d'un forage à l'autre n'y a été notée. De plus, aucun lien avec la minéralisation ne semble y exister. Habituellement, le cisaillement minéralisé recoupe et déforme ces dykes felsiques qui montrent aussi une forte silicification, un certain taux de chloritisation et épidotisation et une faible séricitisation à l'approche de ce dernier. Il est difficile de préciser si les "passées" intrusives felsiques dans le cisaillement sont des dykes ou des fragments à cause de leur forte altération. On

peut toutefois rappeler qu'en surface il existe quelques dykes quartzo-feldspathiques qui recoupent les cisaillements (fig. 3b) suggérant la présence d'une phase intrusive syn à tardi-tectonique en profondeur. Enfin, les analyses de SOQUEM n'ont décelé aucune teneur aurifère anormale.

Ce sont des dykes de couleurs variables qui se distinguent des dykes mafiques par un aspect nettement plus clair et aussi par leur caractère fréquemment porphyrique (plagioclase-quartz). Les couleurs vont du gris-moyen au vert-moyen. Ils sont de texture grenue à finement grenue et faiblement foliés. Les éléments porphyriques sont d'échelle millimétrique (2-3 mm) à micro-cristallins (0.2 - 1.0 mm). Ils constituent 3 à 12% de la portion phanéritique.

Les dykes non-altérés sont constitués principalement de plagioclases (23-59%), hornblendes (11-25%) et quartz (7-42%). La proportion de quartz dépend du degré de silicification provoqué par le fluide hydrothermal et de la distance qui sépare le dyke du cisaillement. Les plagioclases porphyriques sont souvent altérés en zoïsite et/ou clinozoïsite. La composition des plagioclases varie d'An 29 à An 38 (Andésine).

De façon globale, ces dykes montrent des degrés variables d'épidotisation et de chloritisation que l'on peut associer au métamorphisme régional. Les degrés de silicification et de chloritisation augmentent toutefois fortement à l'approche des cisaillements minéralisés.

Enfin, ces dykes porphyriques s'apparentent plus ou moins aux dykes tonalitiques reliés au Complexe Eau Jaune décrits par Tait et al, (1987), et ce malgré un certain degré d'altération. Rappelons toutefois ici qu'il s'agit essentiellement d'une description des dykes des forages nos 8 et 11, les quelques dykes quartzo-felspathiques qui recoupent les cisaillements (fig. 3b) ne sont pas retrouvés dans ces forages.

2.4 DYKES MAFIQUES

Ces dykes sont rencontrés moins fréquemment que les dykes porphyriques (2.3). Selon les relations structurales en surface, ils semblent antérieurs aux dykes porphyriques. On les distinguent de ces derniers par leur caractère plus grenu, plus dense et plus homogène. Ils sont généralement de couleur vert foncé.

Microscopiquement, ces dykes mafiques se révèlent plus difficiles à identifier. On note chez les échantillons étudiés une forte chloritisation (~ 35% chlorite) et silicification (35-40% quartz) qui masquent et détruisent les textures et paragénèses primaires. On peut néanmoins observer des reliques possibles de pyroxènes porphyriques altérés en chlorite et jusqu'à 8 à 10% de leucoxènes qui sont des constituants fréquents des gabbros.

2.5 VEINES DE QUARTZ (tableau 3)

On peut classer les veines de quartz en deux types suivant leurs affinités avec la minéralisation, le contexte structural et la couleur. Il s'agit ici d'une distinction de terrain.

Ces deux types se distinguent avant tout par leur couleur. On reconnaît ainsi un quartz fumé et un quartz blanc laiteux. Leurs teintes peuvent sensiblement varier suivant le contenu en carbone responsable de la teinte fumée (Boyle, 1979). Les veines de quartz fumé sont généralement associées aux cisaillements secondaires, sinon aux plans de schistosité. Les veines de quartz blanc ne sont pas minéralisées, sinon quelques traces.

Les veines de quartz fumé se caractérisent par une forte cataclasis témoignant d'un broyage relativement intense (planche I). L'intensité de cette texture est variable et proportionnelle à la minéralisation (voir 2.6). Les zones plus fortement broyées semblent favoriser l'infiltration et le développement des phyllosilicates telles la séricite et la chlorite. Ces minéraux se développent également en fines veinules. Pour leur part, les carbonates se développent plutôt sporadiquement en plages irrégulières en plus de suivre le développement des phyllosilicates. Des quantités mineures d'oxydes de fer se retrouvent également dans ces zones broyées.

Une deuxième génération de veinules de quartz blanc (moins de 1 cm) recoupe perpendiculairement les veines de quartz fumé aurifères. Ces veinules

TABLEAU 3

VEINE DE QUARTZ

<u>Minéral</u>	<u>%</u>	<u>Remarques</u>
Quartz	42-98	
Ankérite	12-44	
Chlorite	0-2	18% dans un cas
Séricite	0-8	et/ou muscovite
Opaques	0-8	surtout de 1 à 2%
Barite	trace	
Apatite	trace	

TABLEAU 4

CISAILLEMENT AURIFÈRE

<u>Minéral</u>	<u>%</u>	<u>Remarques</u>
Quartz	10-43	
Micas blancs	15-40	surtout muscovite
Ankérite	13-40	et un peu de calcite
Chlorite	14	un cas à 2% et un autre à 55%
Barite	trace	dans veinules
Opaques	6	
Epidotes	0-2	très local
Apatite	0-3	très local

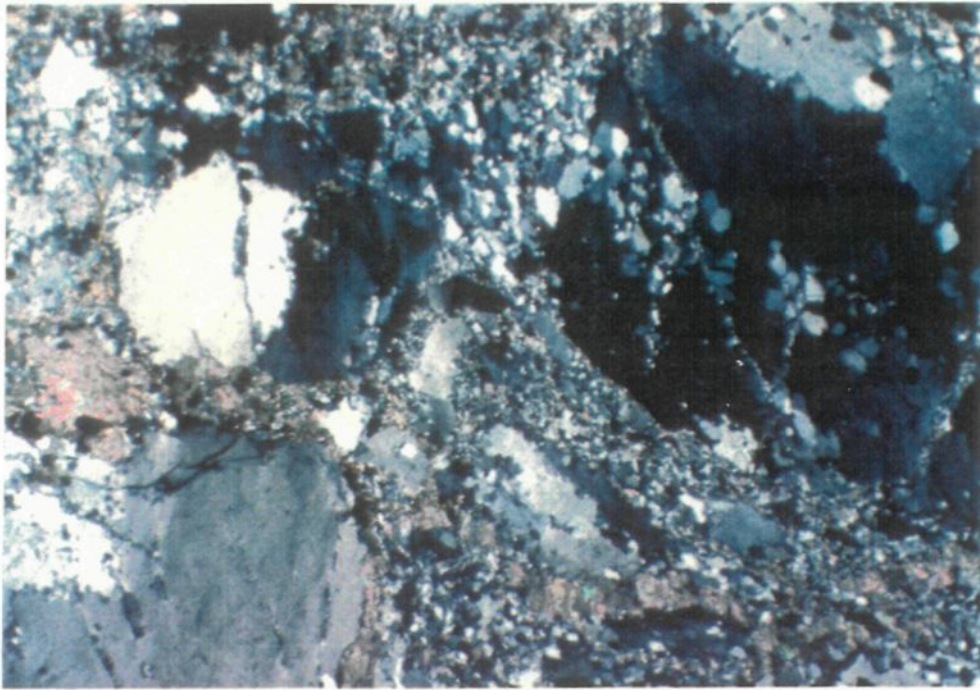


Planche I: microphotographie des veines de quartz cataclasé
(lumière polarisée)

Échelle pour les deux planches:

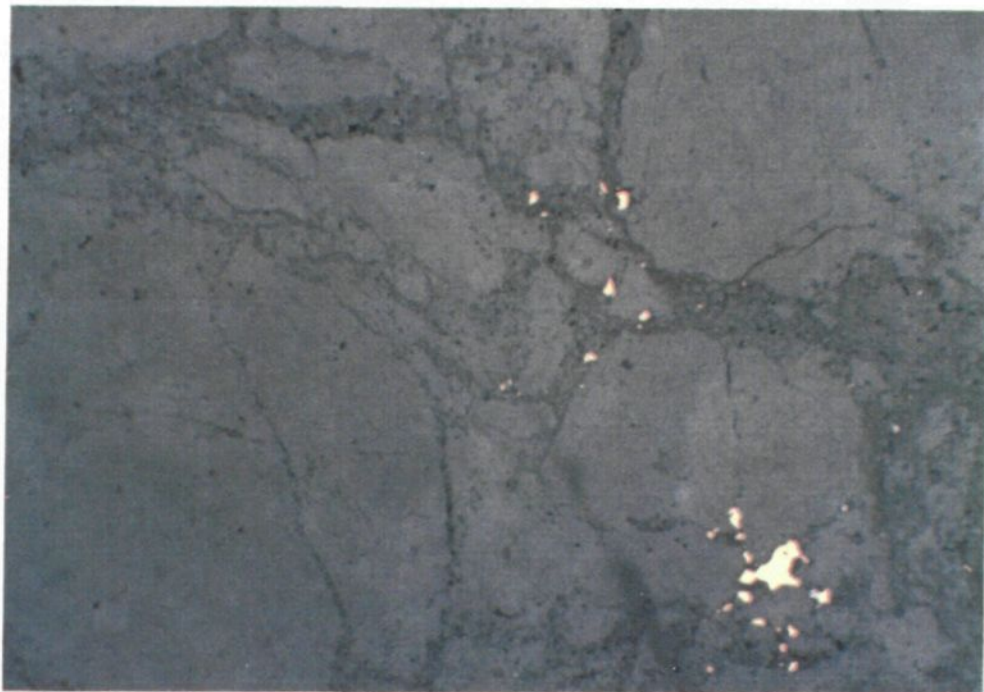
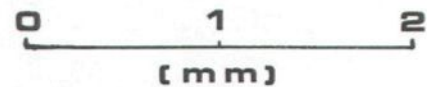


Planche II: microphotographie de grains d'or dans les veines de quartz
(lumière réfléchie)

sont légèrement plus tardives aux veines de quartz fumé et n'influencent pas la minéralisation. Elles sont moins cataclasées que le quartz fumé.

Les veines de quartz blanc diffèrent du quartz fumé par des textures en mortier beaucoup moins intenses et par des portions beaucoup plus faibles en carbonates et phyllosilicates. Les phyllosilicates associés sont dominés par la chlorite (18%) et toujours distribués en fins filaments ou veinules longeant les zones broyées entre les grains de quartz. On peut aussi y rencontrer (très rarement) de la fuschite en trace. Des enclaves de volcanites mafiques étirées (jusqu'à 10%) sont également présentes à l'occasion.

2.6 MINÉRALISATION (tableaux 5 et 6)

Les zones aurifères sont toutes reliées à des cisaillements de type ductile-cassant (Larouche, 1988). On en dénombre deux dont un de direction est-ouest (80° sud) et un de direction $N50^\circ$ (70° sud-est) et tous chevauchant vers le nord avec une légère composante apparente senestre (Larouche, 1988). Les meilleures intersections aurifères en forage ont été rencontrées dans le cisaillement nord-est (fig. 3b et 4). Elles sont toutes associées directement ou indirectement à des veines ou veinules de quartz fumé. Les résultats restent toutefois erratiques et non-continus. De plus, les veines de quartz fumé sont boudinées le long des cisaillements.

Toutes les intersections indiquent de l'or natif souvent visible à l'oeil nu et pouvant atteindre jusqu'à 2mm de diamètre. Le forage 85-8 (fig. 4) montre une

TABLEAU 5

MINÉRALISATION (GANGUE)

<u>Minéral</u>	<u>%</u>	<u>Remarques</u>
Quartz	< 7	
Ankérite	13	
Séricite	13	dans veines de quartz fumé
Chlorite	2	
Apatite	trace	
Opaques	2-3	

TABLEAU 6

MINÉRALISATION

<u>Minéral</u>	<u>%</u>	<u>Remarques</u>
Pyrrhotite	95	
Chalcopyrite	1-2	
Pentlandite	trace	
Pyrite	trace	
Galène	trace	
Magnétite	< 1	
Or	1	
Inconnu	1-2	finement disséminé, grisâtre, cryptocristallin

veine de quartz fumé (90.32 - 90.82 m) où l'on peut compter jusqu'à 40 grains d'or visible entre 0.1 et 1 mm. Ce sont le plus souvent des petits grains isolés massifs xénomorphes (planche II), plus rarement accolés à la pyrrhotite. La dimension moyenne des grains d'or se situe autour de 0.3 mm.

L'or se distribue le plus souvent en petits groupes isolés dans les zones fortement cataclasées des veines de quartz où les fluides minéralisateurs ont pu être piégés. Ces intersections aurifères sont habituellement très riches en carbonate-séricite. On ne retrouve pas d'or dans les zones riches en carbonate-chlorite ou essentiellement carbonatées. On rencontre également de l'or hors des veines ou veinules de quartz, mais à des distances néanmoins très rapprochées de celles-ci.

L'or s'accompagne surtout de pyrrhotite et d'un peu de chalcopryrite et magnétite. Les sulfures et oxydes ne représentent toutefois qu'un ou deux pour cent des intersections aurifères. La pyrrhotite représente 95% de ces sulfures et oxydes dont 1-2% d'or, moins de 1% de magnétite et des traces de pyrite, galène et pentlandite. On note aussi à l'occasion la présence de grains cryptocristallins d'aspect graphitique. Des traces de sphalérite et molybdénite ont été observées aussi en surface mais pas dans les zones minéralisées.

La pyrrhotite se présente en plages isolées hypidiomorphes d'échelle millimétrique ou en cristaux isolés aphanitiques. Hors de ces veines, ces plages sont reprises par la foliation et forment de fins filaments (4mm de long) contenant de nombreuses inclusions de chlorite-carbonate-quartz-oxydes de fer-

chalcopryrite. La chalcopryrite se présente presque toujours en petits segments (0.06 mm) hypidiomorphes accolés sur le pourtour des plages de pyrrhotite, sinon en inclusions arrondies (0.1-0.6 mm) ou très rarement en grains isolés. La pentlandite presque cryptocristalline, est pour sa part en petites inclusions ou flammes dans les plages de pyrrhotite. On peut toutefois la confondre avec la pyrite en raison de sa fine granulométrie. Les autres phases (pyrite, galène, magnétite) sont rares et accidentelles. Elles se présentent en petits grains hypidiomorphes presque cryptocristallins, isolés ou en inclusions dans la pyrrhotite.

2.7 ZONE DE CISAILLEMENT (tableau 4)

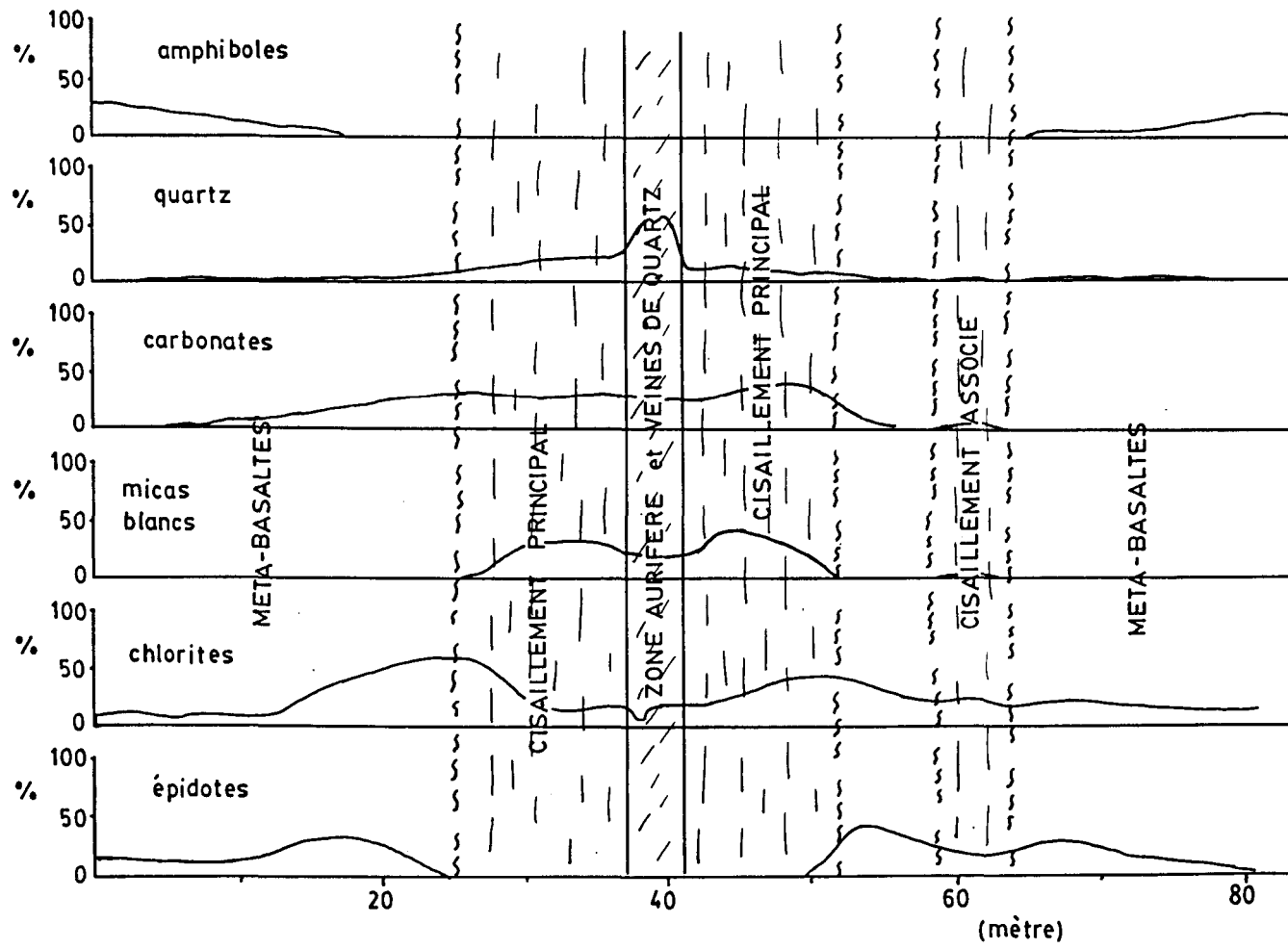
Les zones de cisaillements minéralisés sont difficiles à décrire en surface à cause de la trop forte oxydation des carbonates de fer qui masque la lithologie. En forage, les couleurs varient de vert-brunâtre à beige moyen. La roche est à grains très fins et souvent recoupée de veinules de quartz fumé. La schistosité est fortement développée. Les zones aurifères sont fréquemment caractérisées par un certain rubannement centimétrique (0.5-2 cm) constitué d'une alternance de bandes jaunâtres, vert-foncé et parfois blanchâtres. Il s'agit de bandes séricitisées, chloritisées et silicifiées respectivement. L'ensemble est toujours carbonaté et traversé de veinules de quartz fumé parallèles à ces bandes. Des veinules de quartz-carbonate sont également présentes. Ces bandes peuvent être à l'occasion d'échelle millimétrique (1-3 mm) attribuant ainsi un aspect tuffacé au cisaillement. Enfin, on note quelques passées bréchifiées de nature

tectonique et 2 à 5% de fine pyrite et /ou pyrrhotite disséminées irrégulièrement dans le cisaillement.

Les pourcentages minéralogiques sont très variables. Toutefois, la minéralogie est essentiellement dominée par la chlorite (14-55%), les carbonates (13-40%), les micas blancs (15-40%) et le quartz (10-43%). Ces variations résultent du caractère plus ou moins rubanné qui s'intensifie à l'approche des zones aurifères. Ce rubannement semble plus ou moins formé de bandes alternantes riches en carbonate-mica blanc et carbonate-silice. Il reste toutefois impossible de spécifier la cause ou l'origine de ce rubannement en raison de l'intensité des altérations et la destruction de toute structure primaire.

Les micas sont majoritairement composés de muscovite sauf à l'endroit des zones aurifères où il s'agit nettement de séricite. La proportion des micas a toutefois tendance à diminuer sensiblement vers les zones aurifères (10-15%) au profit des quartz et plus ou moins des carbonates. On observe le même comportement pour la chlorite. Les chlorites augmentent toutefois de façon très appréciable vers les bordures des cisaillements (jusqu'à 55%). Pour leur part, on note plutôt une disparition graduelle des micas blancs à l'approche des metabasites encaissants (fig. 6). Les carbonates débordent, contrairement aux micas, les marges externes des cisaillements et forment en quelque sorte une "cloche" en profil minéralogique (fig. 6). Le quartz se comporte similairement, mais avec des débordements moins expansifs. De façon globale, la proportion des quartz augmente fortement à l'approche des zones minéralisées. Enfin, on

Fig. 6 PROFILS MINÉRALOGIQUES SYNTHÈSES



peut observer à l'occasion des traces de barites à grains fins et hypidiomorphes dans des veinules de quartz-carbonate.

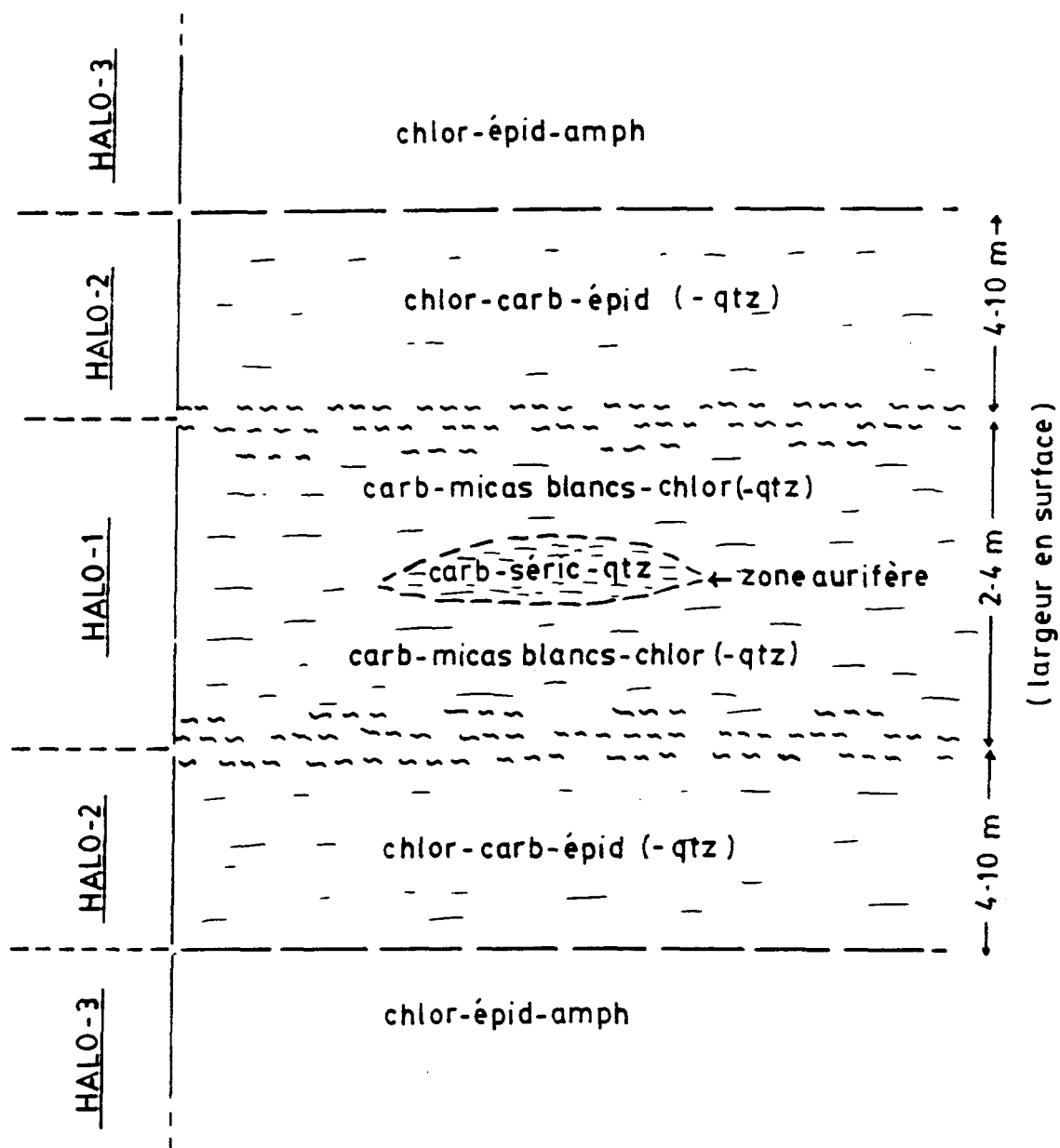
Au niveau textural, on observe essentiellement une forte foliation développée principalement par les phyllosilicates et les carbonates. Des textures en dents de peigne sont aussi observées à l'occasion dans des veinules de carbonates.

2.8 HALOS D'ALTÉRATIONS (fig. 6 et 7)

Les halos d'altérations sont représentés à la figure 7. On en dénombre trois, basés essentiellement sur les associations minéralogiques prépondérantes. Il faut toutefois préciser qu'il s'agit d'un patron synthèse et idéal. Il serait ici utopiste d'essayer de soumettre un patron précis qui, en vérité, présente plus d'irrégularités en raison du caractère fortement erratique des intersections aurifères.

Le premier halo (1) se traduit par l'association carbonate-mica blanc-chlorite-quartz. Il correspond en fait au cisaillement minéralisé. Les intersections aurifères sont représentées par l'association carbonate-séricite-quartz. Les proportions de chlorite ont tendance à diminuer rapidement à l'approche des zones aurifères (fig. 6).

Pour sa part, le deuxième halo (2) enveloppe les quatre à dix premiers mètres des basaltes encaissants du cisaillement. D'un point de vue mégascopique, il ne semble jamais dépasser plus de deux ou trois mètres. En surface, on le

Fig. 7 HALOS D'ALTERATIONS

reconnaît surtout par une forte chloritisation et par un certain degré d'épidotisation et de carbonatation. Microscopiquement, ce halo (2) est représenté par l'association chlorite-épidote-carbonate-quartz. L'association chlorite-épidote est à son maximum au contact du cisaillement pour ensuite diminuer graduellement en s'éloignant de celui-ci. Pour leur part, les carbonates et quartz vont plutôt disparaître graduellement en s'éloignant du cisaillement au profit des amphiboles (halo 3). Ce halo (2) est fréquemment recoupé de veinules millimétriques à centimétriques de quartz-calcite-épidote (- chlorite).

Enfin, le troisième halo (3) que l'on peut traduire par l'association amphibole-épidote-chlorite reflète en fait les basaltes locaux non-altérés qui ont subi le métamorphisme régional. On remarque également la réapparition des plagioclases reliques, témoins de la texture primaire des coulées volcaniques de l'Obatogamau. Il faut aussi souligner une nette augmentation de la granulométrie.

On peut aussi mentionner l'apparition graduelle du halo (2) au halo (3) de leucoxène en quantité toutefois mineure. Celui-ci était absent des zones fortement altérées.

De plus, on remarque que la foliation du deuxième halo (2) est mal développée, à l'exception d'un certain parallélisme occasionnel formé par des regroupements de chlorite et plus ou moins de quartz. L'intensité de l'altération, dominée par la chlorite et les carbonates, détruit toutes textures ou structures primaires. De plus, il est pratiquement impossible de différencier les chlorites et épidotes d'origine métamorphique de celles d'origine métagénétique. Les

chlorites présentent toutes une biréfringence quasi opaque avec des teintes cuivrées indiquant une composition ferro-magnésienne. Pour leur part, les épidotes sont dominées par la zoïsite.

Finalement, les pourcentages minéralogiques de chacune des trois associations se distribuent comme suit:

Halo (1):	Carbonate	13-40%	(ankérite et calcite)
	Mica blanc	15-40%	(surtout muscovite)
	Chlorite	14-22%	(ferro-magnésienne)
	Quartz	10-43%	(très variable)
Halo (2):	Chlorite	30-45%	(ferro-magnésienne)
	Epidote	30-45%	(zoïsite)
	Carbonate	10-40%	(calcite et ankérite)
	Quartz	18-36%	(très variable)
Halo (3):	Amphibole	30-38%	(hornblende)
	Epidote	~ 20%	(zoïsite)
	Chlorite	10-15%	(ferro-magnésienne)

Ces associations serviront plus loin à établir les différentes réactions engendrées entre le fluide hydrothermal et les metabasalts encaissants (section 3.1.16).

CHAPITRE III

GÉOCHIMIE

Ce chapitre a pour objet de commenter et d'interpréter les analyses géochimiques en profils effectuées sur le forage 85-8. Les profils géochimiques du forage 85-11 sont également fournis en annexe¹ pour vérifier la continuité des anomalies le long du cisaillement aurifère et la validité des analyses.

Le chapitre se divise en trois parties: la première commente les résultats des éléments majeurs, la deuxième développe les réactions chimiques susceptibles d'engendrer les halos d'altérations décrits au chapitre I et enfin la troisième commente les résultats des éléments traces. Le tout est suivi d'une discussion.

3.1 ÉLÉMENTS MAJEURS

Toutes les analyses des éléments majeurs ont été effectuées dans les laboratoires de l'Université du Québec à Chicoutimi à partir des méthodes d'absorption atomique et de fluorescence-X. Elles ont été

faites sur les 34 échantillons recueillis dans les forages 85-8 et 85-11 de SOQUEM.

Les pages suivantes décrivent et commentent les résultats en profil de chacun des éléments majeurs. Le tout sera suivi d'une discussion globale des résultats.

Il faut toutefois souligner que les circonstances ont empêché d'établir les corrections de variations volumiques des échantillons altérés (Gresens, 1967). **Néanmoins, il a été possible d'estimer s'il y avait des changements importants ou non** selon une méthode improvisée à partir des poudres d'échantillons. En tenant compte d'un certain nombre d'erreurs, il a été possible d'évaluer les facteurs de corrections volumiques (densité de l'échantillon altéré sur densité de l'échantillon non-altéré) extrêmes, à savoir s'ils auront une influence appréciable sur les profils géochimiques. On note ainsi un facteur minimum de 0,9 dans la zone de carbonate-chlorite-micas blancs (halo no 1) et un facteur maximum de 1,1 près des intersections essentiellement aurifères (carbonate-séricite). **Ces facteurs de corrections ne changent donc absolument pas l'allure générale des profils et ne peut ainsi en modifier l'interprétation globale.**

Pour ces raisons, on peut donc envisager comme raisonnable l'interprétation des profils géochimiques non-corrigés.

3.1.1 CO₂ (fig. 8)

Le CO₂ reflète principalement le comportement des carbonates. On note un net enrichissement (jusqu'à 17%) dans le cisaillement minéralisé ainsi que le long de ses marges externes immédiates. On souligne d'ailleurs une corrélation directe des anomalies aurifères (fig. 14) avec les anomalies positives en CO₂ (fig. 8).

Le cisaillement non-minéralisé est beaucoup moins abondant en CO₂ (moins de 4,23%). Le bruit de fond varie de 0,38 à 0,79% s'accordant ainsi avec les analyses des basaltes standards de la formation d'Obatogamau (Tait et al, 1987).

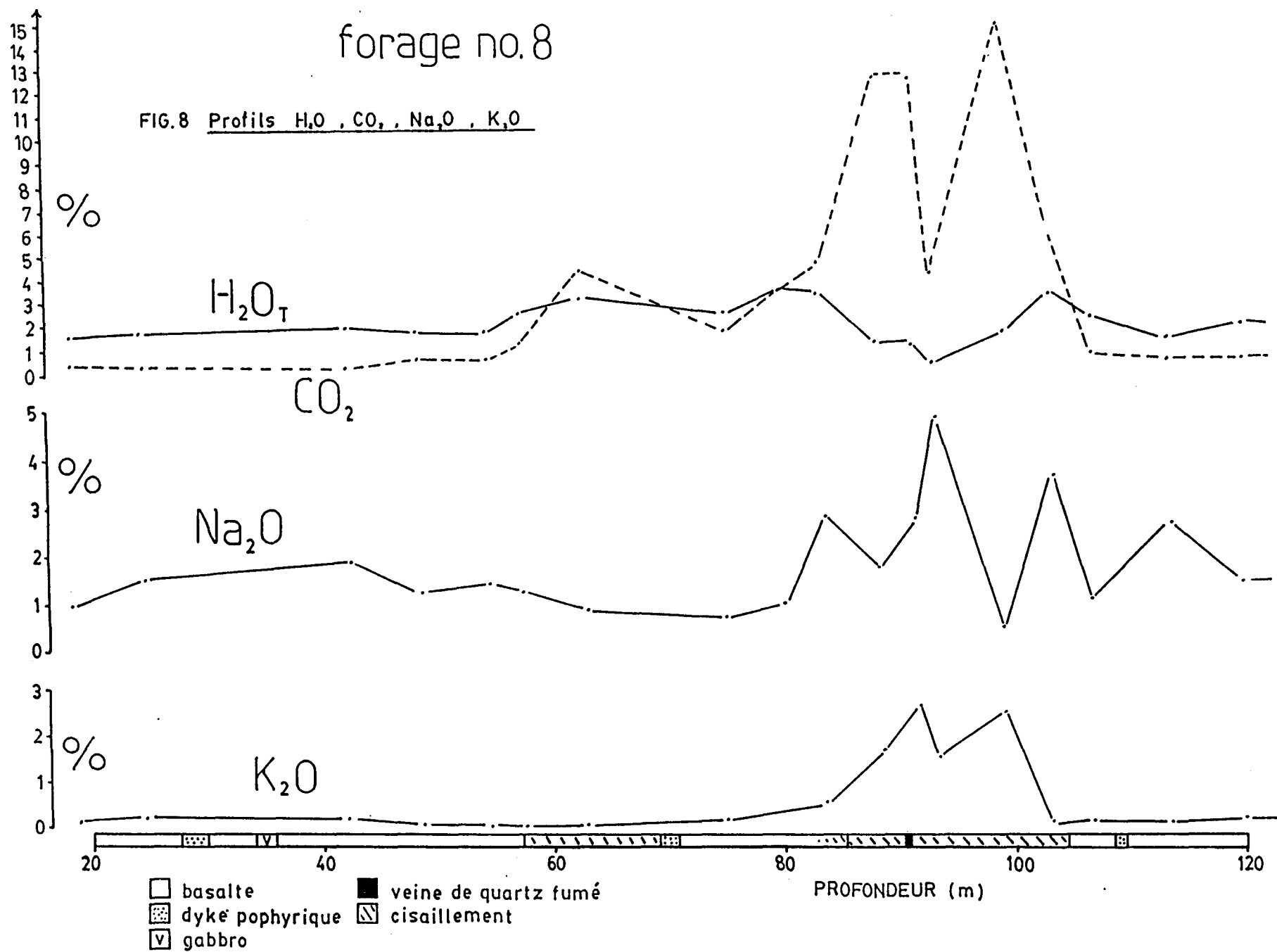
Le profil des rapports CO₂ / H₂O, (fig. 9) démontre des enrichissements nettement plus élevés en CO₂ qu'en H₂O, et ce, particulièrement sur le côté mur du cisaillement minéralisé soulignant ainsi une certaine contamination du fluide par l'encaissant.

3.1.2 H₂O total (fig. 8)

Le profil des résultats en H₂O reflète l'attitude des phyllosilicates du contexte, particulièrement celui de la chlorite. Les résultats en profil dessinent un genre de cuvette aux rebords retroussés très distincte à l'endroit du cisaillement aurifère et ce, sur les deux

forage no.8

FIG.8 Profils H_2O , CO_2 , Na_2O , K_2O



forages étudiés (#8 et #11). En bordures du cisaillement les pourcentages en H_2O grimpent jusqu'à 3,51% pour tomber graduellement à 0,43% vers le centre de la cuvette. Le bruit de fond local se situe autour de 1,85%. On note des pourcentages néanmoins supérieurs à 2% dans le cisaillement non-minéralisé.

Ce profil en H_2O se juxtapose très bien avec celui de la chlorite (fig. 7) où l'on observe jusqu'à 55% autour des bordures du cisaillement.

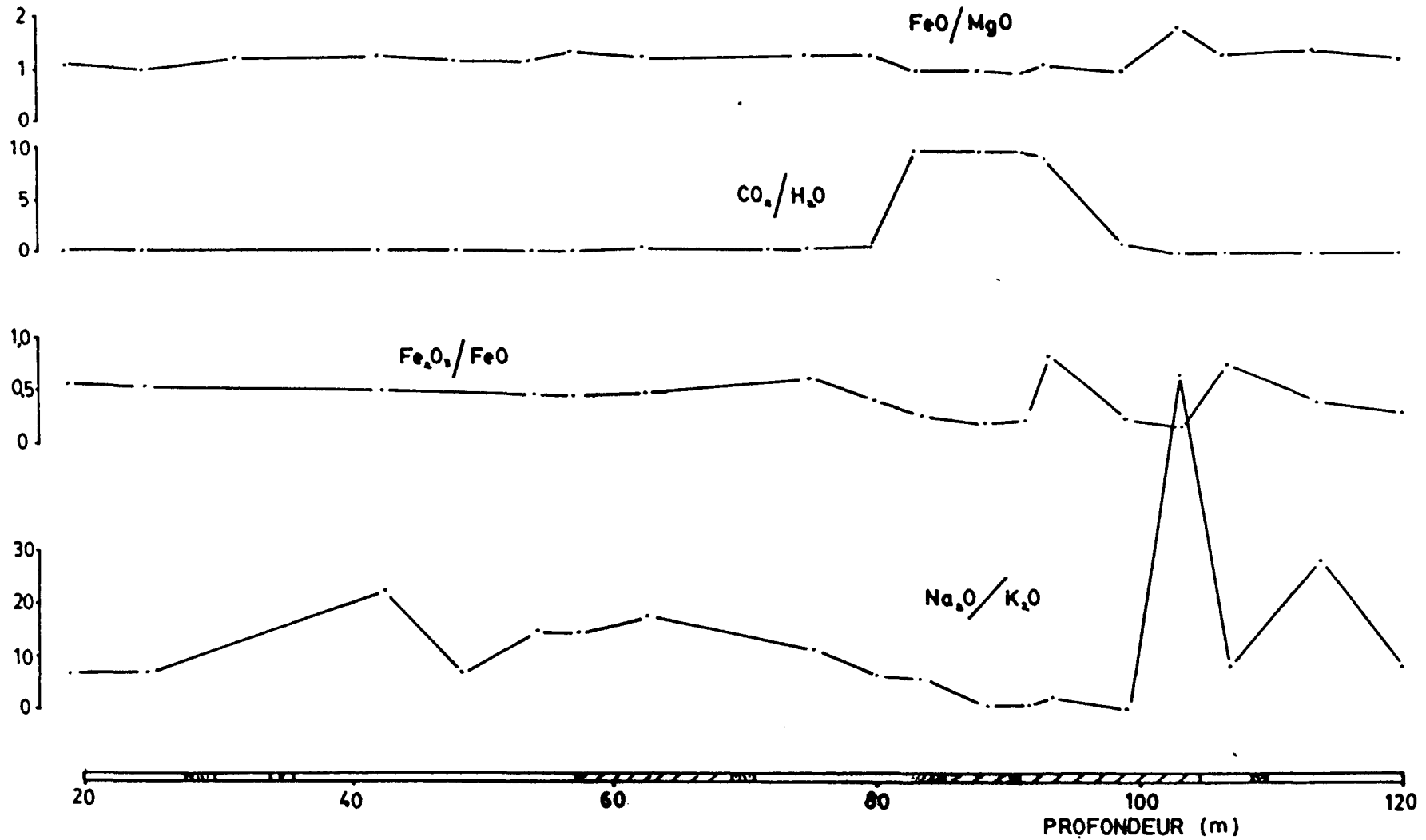
3.1.3 K_2O (fig. 8)

Le K_2O trace en profil un comportement analogue au CO_2 . Celui-ci reflète toutefois l'attitude des micas blancs (muscovite, séricite). On note des enrichissements se situant entre 2,6 et 4,5% sur un bruit de fond très régulier autour de 0,1 et 0,2%.

Ces enrichissements se corrèlent très bien aux zones aurifères (fig. 14) et sont restreints au cisaillement minéralisé, en ce sens qu'ils ne débordent pas ou très peu dans l'encaissant contrairement au CO_2 . De plus, aucune variation n'est observée au niveau du cisaillement non-minéralisé.

forage no. 8

FIG.9 Profils $\text{CO}_2 / \text{H}_2\text{O}$, $\text{Fe}_2\text{O}_3 / \text{FeO}$,
 FeO / MgO , $\text{Na}_2\text{O} / \text{K}_2\text{O}$



3.1.4 Na₂O (fig. 8)

Le tracé en profil des résultats en Na₂O est assez singulier. Dans une première approche (forage no 8), les résultats indiquent de fortes fluctuations se situant entre 0,49 et 5,11% sur une quarantaine de mètres reliées au cisaillement aurifère. Le bruit de fond local étant autour de 1,3%. Néanmoins, on observe dans ce quarante mètres surtout des enrichissements variant de 2,85 % à 5,11%.

Ces fluctuations ne se rencontrent pas dans le forage no 11 (voir annexe 1). On y souligne plutôt une tendance à l'appauvrissement dans le cisaillement minéralisé avec de légères fluctuations en bordures. Les pourcentages descendent ici jusqu'à 0,28% dans les zones aurifères et grimpent à 2,26% en bordures du cisaillement.

Les profils en Na₂O sont donc non seulement irréguliers en profils, mais aussi parallèlement au cisaillement minéralisé. Les anomalies positives ne sont toutefois pas associées à la présence d'albite, celle-ci n'étant pas observée en lames minces. D'ailleurs, aucun feldspath n'a été observé dans le cisaillement aurifère. Selon la minéralogie de ces zones, on ne peut que relier, pour le moment, ces anomalies positives au caractère possiblement plus sodique de certains micas blancs ou à la présence de paragonite.

Il faut néanmoins rester prudent dans l'éventuelle présence de paragonite dans le système. Celle-ci est généralement stable dans des conditions température-pression particulières où les rapports Na/K sont supérieurs à 30 (Helgeson, 1964).

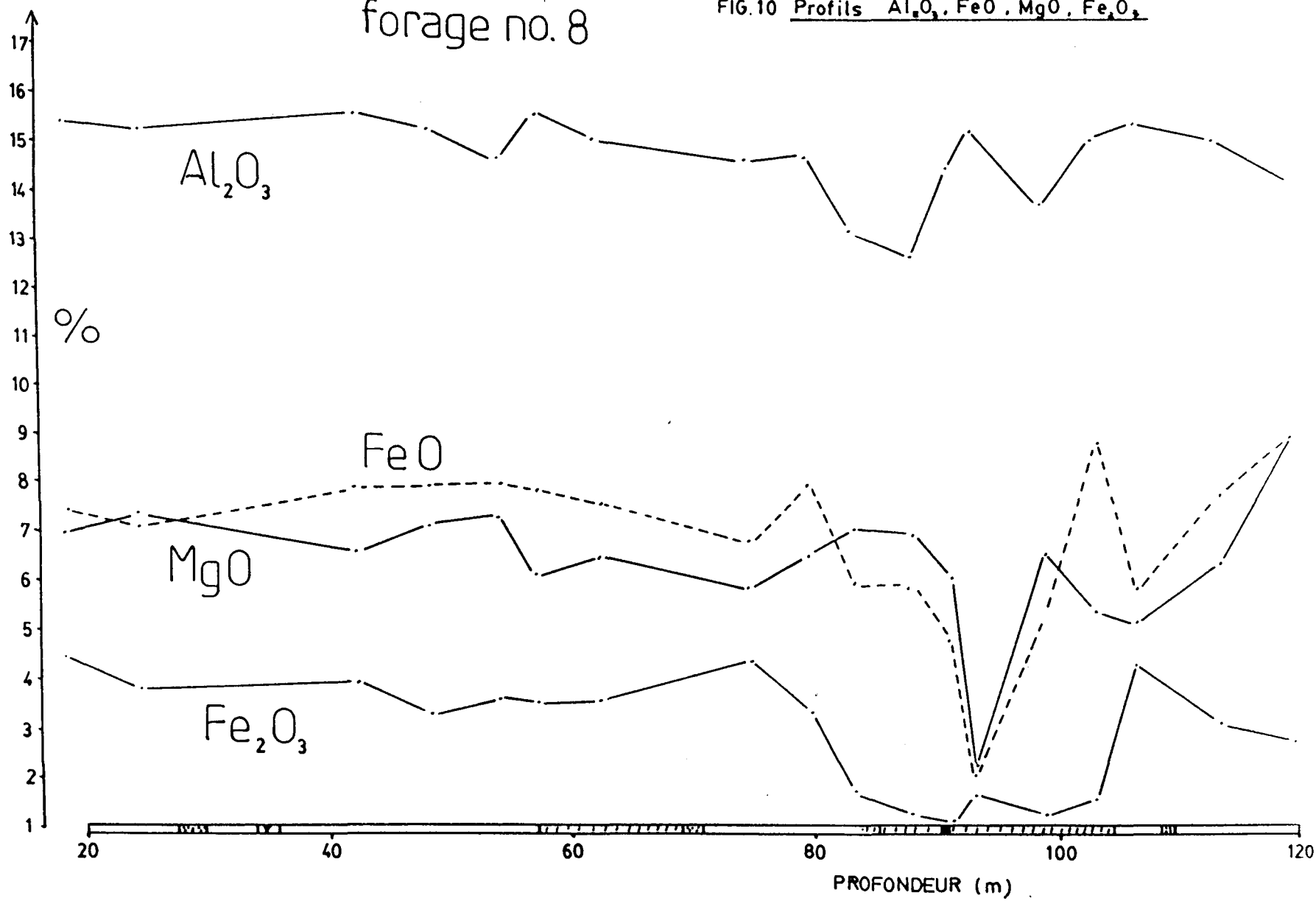
Si l'on regarde toutefois le profil des rapports $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ (fig. 9), on y observe un lessivage général dans le cisaillement minéralisé qui semble se propager sur plusieurs mètres dans l'encaissant. Ce lessivage est dû en bonne partie aux enrichissements en K_2O . On dénote néanmoins des irrégularités, comme ces fortes anomalies positives en $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ (fig. 9) apparemment reliées au lessivage en Na_2O des dykes porphyriques, mais pouvant aussi être reliées à des variations erratiques du Na_2O . Le profil des rapports $\text{Na}_2\text{O}/(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ est pour sa part beaucoup plus régulier et confirme que le système minéralisé est nettement plus enrichi en K_2O qu'en Na_2O (fig. 12). De plus, ce rapport semble discriminer les cisaillements dans lesquels un fluide minéralisé a circulé de ceux dans lesquels les fluides n'ont peu ou pas circulé.

3.1.5 MgO (fig. 10)

Dans le contexte étudié, le MgO s'associe aux chlorites, hornblende et carbonate de fer. La hornblende ne se retrouve toutefois que dans les metabasaltes non-affectés par les altérations hydrothermales (voir 2.8). Globalement, on observe un appauvrissement majeur au

forage no. 8

FIG.10 Profils Al_2O_3 , FeO, MgO, Fe_2O_3



centre du cisaillement minéralisé jusqu'à 2,21%. Le bruit de fond est autour de 7,10%. Ce dernier pourcentage diminue légèrement à 6,3% dans le cisaillement associé. On note également une diminution sur le côté mur du cisaillement aurifère allant jusqu'à 5,22%.

3.1.6 FeO (fig. 10)

Le profil en FeO est fortement similaire à celui du MgO. Ces deux oxydes vont d'ailleurs refléter particulièrement le comportement ferro-magnésien des chlorites. Les rapports FeO/MgO (fig. 9) sont très constants et toujours très près de 1 suggérant des chlorites ferro-magnésiennes tout le long du forage, s'accordant ainsi avec les observations en lames minces (voir 2.8). On note toutefois une légère tendance plus magnésienne dans le cisaillement aurifère.

On observe ainsi une diminution majeure en FeO jusqu'à 2,03% aux mêmes endroits que le MgO et à partir d'un bruit de fond se situant autour de 7,7%. Il faut toutefois souligner des enrichissements distinctifs en bordures du cisaillement aurifère indiquant des pourcentages maximum autour de 8,7%.

Si l'on compare les ferro-magnésiens au CO₂ (fig. 12), on remarque que les rapports FeO + MgO/CO₂ diminuent de moitié (30 à 15 environ) non seulement dans le cisaillement aurifère mais aussi dans le cisaillement non-minéralisé pauvre en K₂O et CO₂. Cette diminution

se poursuit également dans l'encaissant immédiat des deux cisaillements. Le profil de ces rapports ne distinguent donc pas les cisaillements à potentiel aurifère des stériles contrairement aux rapports $\text{Na}_2\text{O} / \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ (3.1.4). Ils peuvent toutefois former un halo d'altération plus important pouvant s'étendre plus loin hors de la zone minéralisée, si l'on s'inspire du profil (fig. 12).

3.1.7 Fe_2O_3 (fig. 10)

Les résultats en Fe_2O_3 dessinent l'un des profils les plus distincts des éléments majeurs avec le CO_2 et K_2O . Ils tracent en quelque sorte une large "cuvette" d'une trentaine de mètres de large au centre, légèrement surélevée (fig. 10 et annexe 1). Cette "cuvette" se localise dans le cisaillement minéralisé et englobe de deux à dix mètres les basaltes encaissants.

Le bruit de fond se situe autour de 3,8% et tombe entre 1 et 2% dans le cisaillement minéralisé. Ce lessivage est principalement relié à la disparition des épidotes et des quelques leucoxènes du cisaillement et possiblement à la réduction du fer ferrique suggéré par le profil des rapports $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{FeO}$ (fig. 9; le fer ferrique peut remplacer l'aluminium de ces minéraux). La présence de traces d'hématites cryptocristallines est aussi envisageable.

3.1.8 Al_2O_3 (fig. 10)

Les résultats géochimiques en Al_2O_3 sont plus ou moins significatifs. Hors du cisaillement, le profil indique une certaine régularité se situant autour de 15,3%. On dénote toutefois des fluctuations dans le cisaillement aurifère, tout particulièrement dans le forage no 11 (annexe 1). On peut souligner néanmoins une certaine tendance au lessivage où les pourcentages tombent jusqu'à 12,7% (forage no 8).

Il reste toutefois difficile d'exprimer minéralogiquement ces fluctuations géochimiques. Le Al_2O_3 est un oxyde associé à plusieurs minéraux du système dont la chlorite, la hornblende, les micas blancs et l'épidote. On peut relier ces fluctuations au lessivage des épidotes et la diminution plus ou moins progressive des chlorites dans le cisaillement minéralisé.

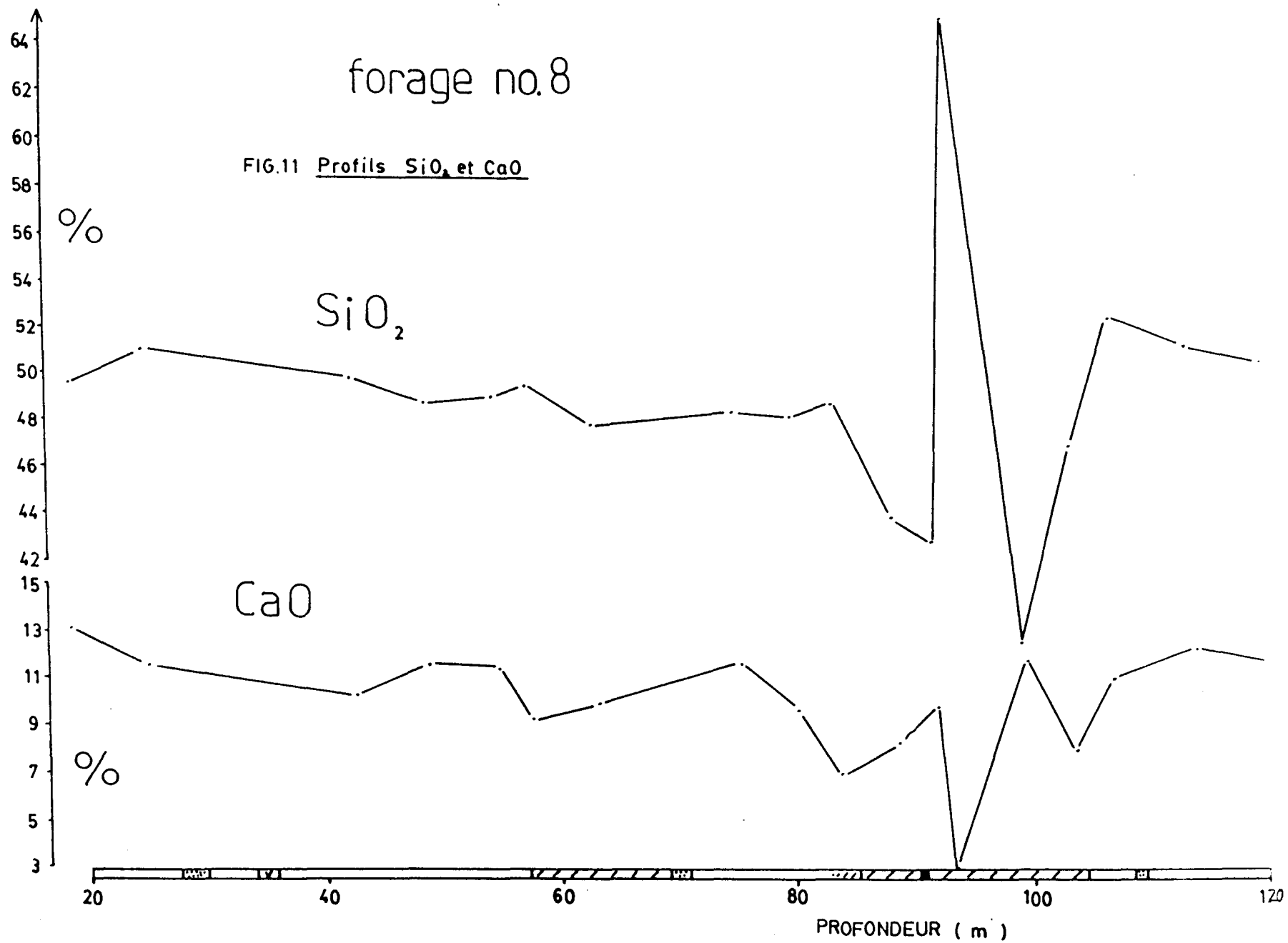
3.1.9 SiO_2 (fig. 11)

Les profils en SiO_2 dessinent des profils explicites où l'on reconnaît trois phénomènes distincts:

a) Un progressif et délicat lessivage des basaltes encaissants vers le cisaillement aurifère (49,65% à 48,14%);

forage no.8

FIG.11 Profils SiO_2 et CaO



b) Un appauvrissement général de la silice dans le cisaillement aurifère (jusqu'à 39,39%);

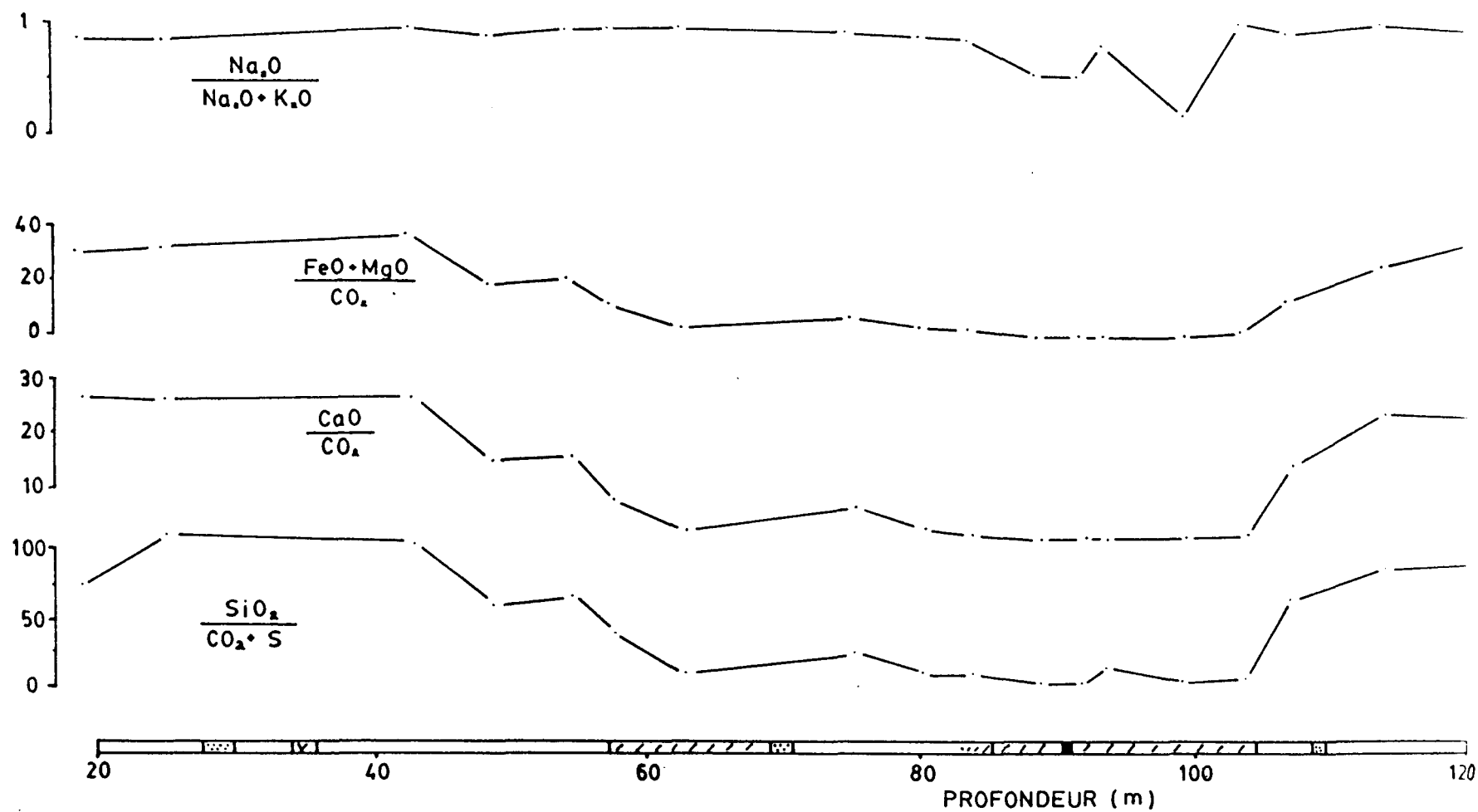
c) Un enrichissement généralisé à l'approche des intersections aurifères (jusqu'à 65,34%).

Ces phénomènes semblent ainsi suggérer que les veines aurifères proviennent de la diffusion de la silice des roches encaissantes du site vers le conduit hydrothermal (le cisaillement dans ce cas-ci). Toutefois, ce mécanisme de diffusion latérale serait incompatible avec l'origine hydrothermal de l'indice (Kerrick, 1983). Il semblerait, entre autres, que les données isotopiques en oxygène de la silice des veines et des roches encaissantes des gîtes filoniens épigéniques ne sont pas en équilibre, donc incompatibles avec un mécanisme de diffusion latérale. Les veines proviennent donc d'un apport externe transporté par le couloir du cisaillement.

Le profil des rapports $\text{SiO}_2/\text{CO}_2 + \text{S}$ (fig.12) accentue sensiblement le phénomène de lessivage de la silice hors des cisaillements, le CO_2 étant surtout restreint au cisaillement minéralisé d'où un profil quasiment plat à l'intérieur de cette unité. Le soufre ici a très peu d'influence sur les rapports étant donné les très faibles teneurs (voir 3.1.11). Il est également intéressant de noter la très grande

forage no. 8

FIG.12 Profils $\frac{\text{Na}_2\text{O}}{\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}}$, $\frac{\text{FeO} + \text{MgO}}{\text{CO}_2}$,
 $\frac{\text{CaO}}{\text{CO}_2}$, $\frac{\text{SiO}_2}{\text{CO}_2 + \text{S}}$



similitude avec le profil des rapports $\text{FeO} + \text{MgO}/\text{CO}_2$ (fig. 12), formant aussi un halo d'altération plus important en superficie.

Finalement, le cisaillement non-minéralisé ne montre aucune fluctuation en silice.

3.1.10 CaO (fig. 11)

Tout comme la silice, on dénote une tendance au lessivage progressif des roches encaissantes vers le cisaillement minéralisé, et ce malgré certaines fluctuations notables. Les analyses indiquent plus précisément des pourcentages de 13,08 à 9,63% sur une soixantaine de mètres comme la silice (en section).

Les résultats au niveau du cisaillement aurifère sont très variables mais indiquent néanmoins une tendance à l'appauvrissement général (voir forage no 11, annexe 1) et un profil inverse à l'endroit des teneurs maximums en silice, c'est-à-dire que les veines sont probablement appauvries en CaO.

Les rapports CaO/CO_2 dessinent presque exactement le même profil que ceux des rapports $\text{SiO}_2/\text{CO}_2 + \text{S}$ et $\text{F}_2\text{O}_3 + \text{MgO}/\text{CO}_2$ (fig. 12), d'où les mêmes conclusions (voir 3.1.6 et 3.1.9).

3.1.11 SOUFRE (fig. 13)

Globalement, les résultats en profil témoignent de la faible quantité de sulfures associés à l'or. Le bruit de fond est très régulier et se situe autour de 0,07%. Les intersections aurifères ne dépassent pas 0,50% sauf dans le cas d'un seul échantillon (11-38.9) où l'on détecte 1,38%.

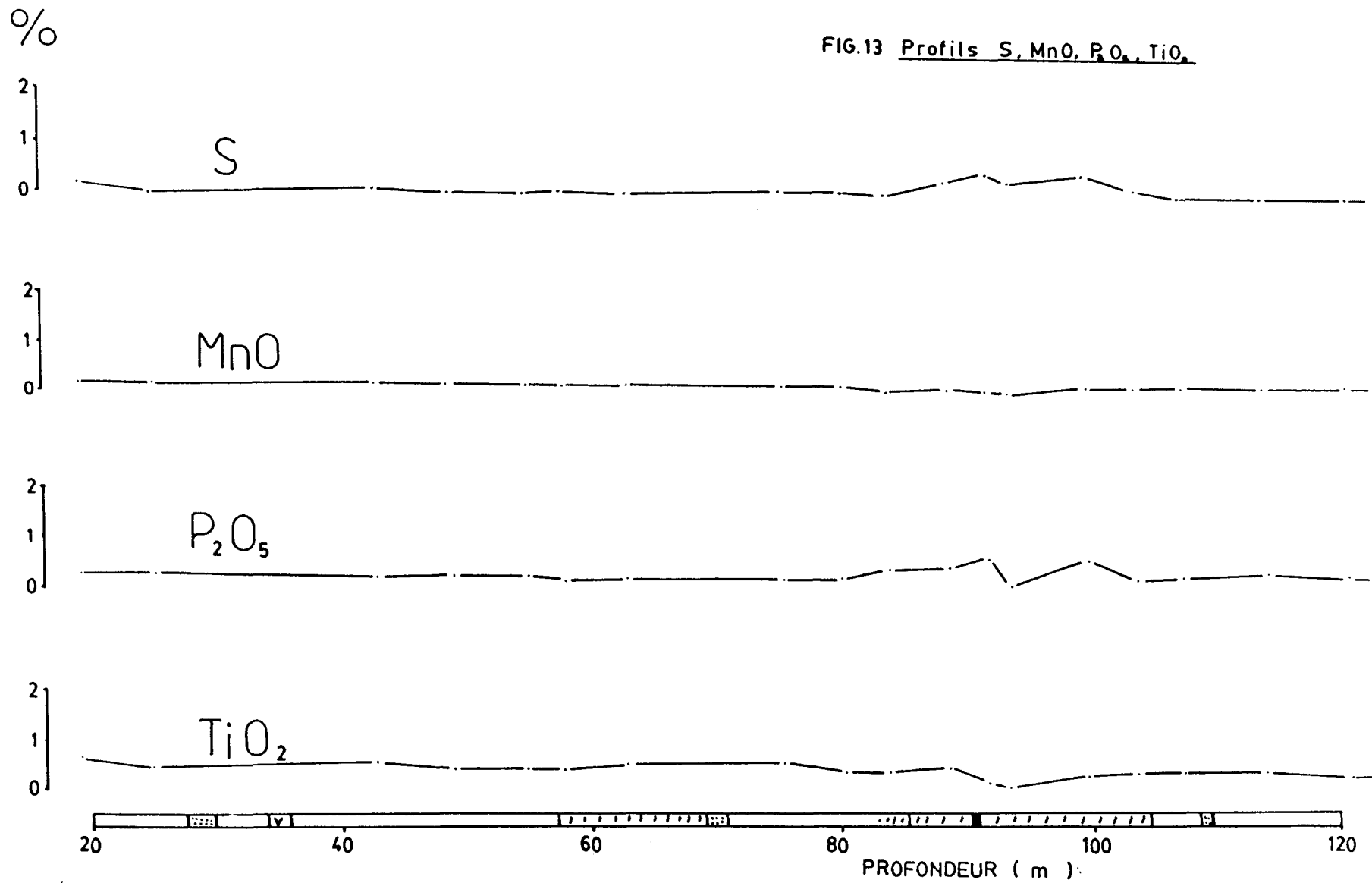
3.1.12 P_2O_5 (fig. 13)

Les profils en P_2O_5 sont très similaires à ceux du soufre. En ce sens, ils sont très réguliers et plats avec un bruit de fond autour de 0,24%. On note quelques faibles enrichissements dans les zones aurifères ne dépassant pas 0,63% et associés à quelques traces d'apatite (tab. 3 et 4).

3.1.13 TiO_2 (fig. 13)

Il s'agit ici aussi de profils plats et réguliers (autour de 0,54%) avec quelques fluctuations en bordures et au centre du cisaillement minéralisé (voir forage no 11, annexe 1). En bordures les pourcentages grimpent faiblement jusqu'à 0,65% et tombent jusqu'à 0,15% au centre.

forage no.8



3.1.14 MnO (fig. 13)

Les résultats géochimiques en profils sont ici qualitativement et quantitativement non-significatifs. Le bruit de fond est très régulier et tourne autour de 0,16%.

3.1.15 RÉSUMÉ/DISCUSSION DES ÉLÉMENTS MAJEURS

Les résultats en profils des éléments majeurs témoignent d'une grande similitude avec tous les gisements aurifères épigéniques de type filonien localisés dans un contexte de roches vertes archéennes (Barnes, 1967; Boyle, 1979; Kerrich et Hodder, 1982; Kerrich, 1983; Guha, 1984; Edwards et Atkinson, 1986). Conformément à ces gisements, l'indice Erratix montre des enrichissements en CO_2 et H_2O ainsi qu'une augmentation des rapports $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$ dans le cisaillement aurifère tel quel. De plus, on dénote des enrichissements importants en K_2O (toujours restreints au cisaillement aurifère) prévalant nettement sur ceux en Na_2O donnant ainsi un profil appauvri et étendu des rapports $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ (fig. 9) et montrant des rapports $\text{Na}_2\text{O} / \text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ appauvris essentiellement dans le cisaillement aurifère et très régulier dans les roches encaissantes (fig. 12). Ces rapports des alcalis suggèrent, d'autre part, une faible salinité du système hydrothermal (Kerrich et Hodder, 1982; Kerrich, 1983).

Les Fe_2O_3 , FeO , MgO et Al_2O_3 montrent tous une tendance au lessivage dans le cisaillement aurifère comme c'est souvent le cas (Boyle, 1961; Boyle, 1979). Ils témoignent en quelque sorte d'une certaine diminution de la densité des metabasites (voir aussi l'introduction du présent chapitre). Le profil des rapports $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{FeO}$ (fig. 9) souligne également la réduction du fer ferrique qui accompagne souvent cette diminution de la densité (McKinstry, 1957). L'aspect réducteur du système exposé par ce dernier profil s'accorde avec celui des rapports $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$ (fig. 9) qui suggère aussi un milieu où prévalent les réactions réductrices d'altérations (Dubé et al, 1987).

Les oxydes SiO_2 et CaO sont également lessivés du système. Les rapports $\text{SiO}_2/\text{CO}_2 + \text{S}$ et CaO/CO_2 semblent de plus dessiner un halo d'altération (marqué par une diminution des rapports) qui s'étend au-delà du cisaillement aurifère. On remarque exactement la même chose avec les rapports $\text{FeO} + \text{MgO}/\text{CO}_2$ (fig. 12).

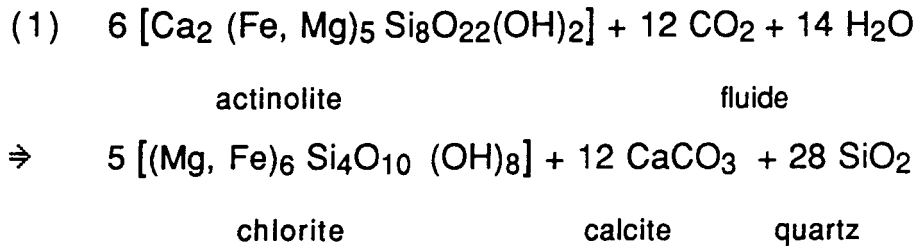
Malgré tous ces résultats géochimiques très conformes aux gisements aurifères similaires reconnus, il faut néanmoins souligner une "carence" en soufre qui peut jouer un rôle considérable dans les processus hydrothermaux aux niveaux de la solubilité et du transport de l'or (Barnes, 1967). Seward (1984) propose d'ailleurs la formation de bisulfures aurifères comme mécanisme dominant du transport de l'or en solution à des températures supérieures à 250°C . Les gisements aurifères analogues à celui de l'indice Erratix ont des températures se

situant entre 350°C et 450°C (Kerrick, 1983). Une carence en soufre a donc pu, du moins en partie, peser sur l'aspect erratique des intersections aurifères de l'indice Erratix.

3.1.16 HALOS D'ALTÉRATIONS: réactions chimiques

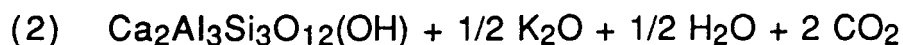
Les assemblages minéralogiques des halos d'altérations (voir 2.8) résultent des interactions chimiques entre le fluide et les roches encaissantes (Phillips et Groves, 1984). Malgré l'impossibilité de définir la composition exacte du fluide à cause d'un certain degré de contamination par les roches encaissantes, les profils géochimiques permettent de proposer que celui-ci est majoritairement composé de CO_2 , K_2O et plus ou moins H_2O . Connaissant également l'assemblage minéralogique des basaltes non-altérés (voir 2.8), on peut ainsi définir les réactions globales entre le fluide et l'encaissant.

Rappelons ici qu'il s'agit de basaltes soumis préalablement au métamorphisme régional (voir 2.8). Ces réactions globales auront pour effet d'engendrer les halos d'altérations (1) et (2) discutés dans la section 2.8 (voir aussi fig. 7). On retrouve ainsi trois réactions majeures responsables de ces halos. La première implique l'hydratation et la carbonatation de l'actinolite, à partir d'un apport en CO_2 et H_2O du fluide hydrothermal:



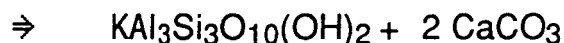
Il faut noter ici que la composante Al_2O_3 est soustraite du système dans le but de réduire et de mieux schématiser la réaction (Phillips et Groves, 1984). Cette réaction souligne donc la disparition de l'actinolite au profit d'une production en chlorite, calcite et quartz. Dans le cas d'un système non-simplifié avec Al_2O_3 on noterait la production d' Al_2O_3 , libre avec le quartz. On ne retrouve toutefois pas de corindon, il est donc possible que le Al_2O_3 s'associe aux calcites et quartz secondaires ainsi qu'au H_2O pour produire de l'épidote métasomatique. Ce qui expliquerait la hausse des pourcentages en épidotes dans l'encaissant immédiat au cisaillement minéralisé (20 à 30% environ). Pour sa part, la chlorite est ici de composition ferro-magnésienne selon les observations pétrographique et géochimique.

La deuxième réaction explique cette fois-ci la disparition des épidotes dans le cisaillement minéralisé principalement par carbonatation et hydratation:



Zoösite

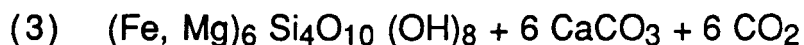
fluide



Muscovite

calcite

Cette réaction nécessite un apport en K_2O du fluide pour engendrer la production de muscovite. A noter aussi la production de calcite. La présence d'ankérite se justifie par la disparition graduelle des chlorites dans le cisaillement minéralisé vers les zones aurifères (séricite-ankérite-quartz):



Chlorite

calcite

fluide



ankérite

quartz eau

eau

Il faut remarquer qu'il s'agit ici d'une réaction partiellement déshydratante, contrairement aux deux autres évoquées plus haut partiellement hydratantes. Il est possible que cette production d'H₂O serve à l'hydratation des muscovites responsable de la présence de séricite dans les zones aurifères. A noter encore une fois la soustraction d'Al₂O₃ du système toujours dans le but de simplifier la réaction. Dans le cas d'une réaction avec Al₂O₃, on pourrait en

constater une légère production qui serait probablement lessivée du système si on s'inspire des profils géochimiques (voir section 3.1.8).

Pour conclure, on constate ainsi que les patrons d'altérations sont majoritairement dominés par des réactions de carbonatation dues à des apports dominants en CO_2 . Ces réactions s'accompagnent toutefois d'hydratation dans le domaine encaissant et de déshydratation dans le domaine cisailé où le fluide a circulé. Ce qui suggère des conditions plus réductrices qu'oxydantes dans le cisaillement minéralisé contrairement au domaine encaissant. Ces constatations sont en accord avec les profils $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{FeO}$ et $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$ (fig. 9) qui proposent un "système" réducteur. De plus, les rapports molaires $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$ de ces trois réactions qui sont de 0,86 pour la réaction (1), 4,0 pour la réaction (2) et qui tend vers l'infini pour la réaction (3) suggèrent aussi un milieu fortement réducteur dans le cisaillement minéralisé qui devient rapidement oxydant dans les basaltes encaissants (Dubé et al, 1987).

Tous ces faits sont en accord avec les caractéristiques géochimiques des gîtes aurifères filoniens de l'Abitibi selon Kerrich (1983).

3.2 ÉLÉMENTS TRACES

Les éléments traces ont été analysés sur les 34 échantillons par "X-Ray Assay Laboratories Ltd" à l'exception de l'argent et du lithium analysés au laboratoire de l'UQAC par absorption atomique. Tous les autres éléments ont été analysés par fluorescence-X à l'exception de l'or par spectrométrie (D.C. plasma). Le tout comprend 28 éléments traces.

Les pages suivantes commentent les résultats en profils les plus marquants. Le tout sera suivi d'une discussion globale des éléments traces et majeurs.

3.2.1. Au (fig. 14)

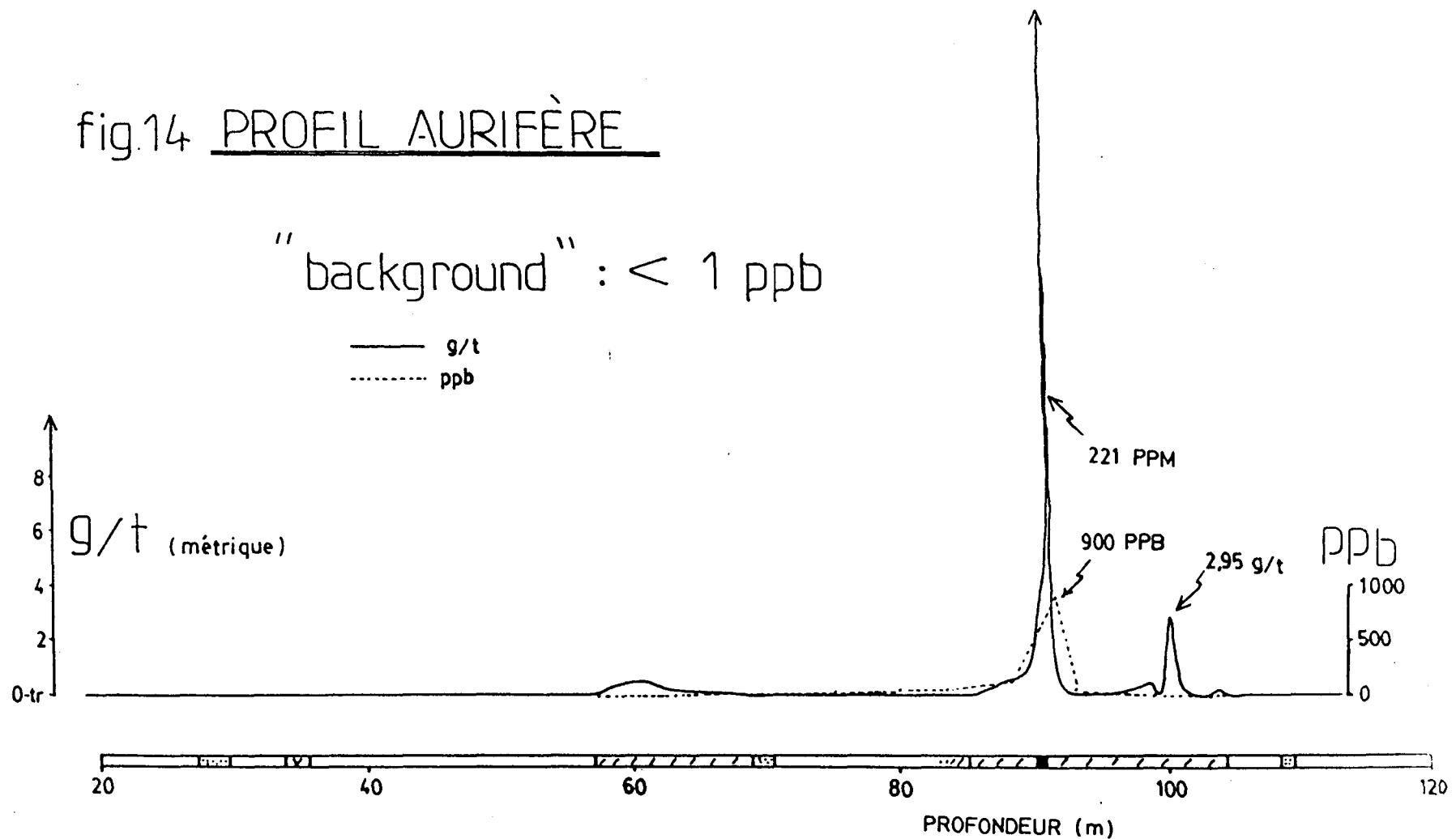
Les profils aurifères ont été tracés à partir des résultats de SOQUEM (gramme/tonne métrique) en raison de leur continuité d'un bout à l'autre des forages étudiés. Les profils en PPB sont toutefois juxtaposés à ceux de SOQUEM pour donner une idée du bruit de fond des roches encaissantes. Celui-ci semble toutefois ne pas dépasser 1 PPB.

Le forage 85-8 (fig. 14) recoupe ainsi une anomalie allant jusqu'à **221 PPM** sur 0.5 mètre et une autre de 2,95 g/t sur 0,87 mètre. Il est d'ailleurs possible de compter jusqu'à 40 grains d'or visible dans

forage no.8

fig.14 PROFIL AURIFÈRE

"background" : < 1 ppb



la zone de 221 PPM. Le forage 85-11 (annexe 1) intersecte pour sa part 7,05 g/t sur 0,92 mètre et 0,93 g/t sur 1 mètre. Dans tous les cas il s'agit d'anomalies riches en carbonates-séricite et associées à des veines ou veinules de quartz fumé

3.2.2 Enrichissements majeurs

3.2.2.1 Ba, Rb (fig. 15 et 16)

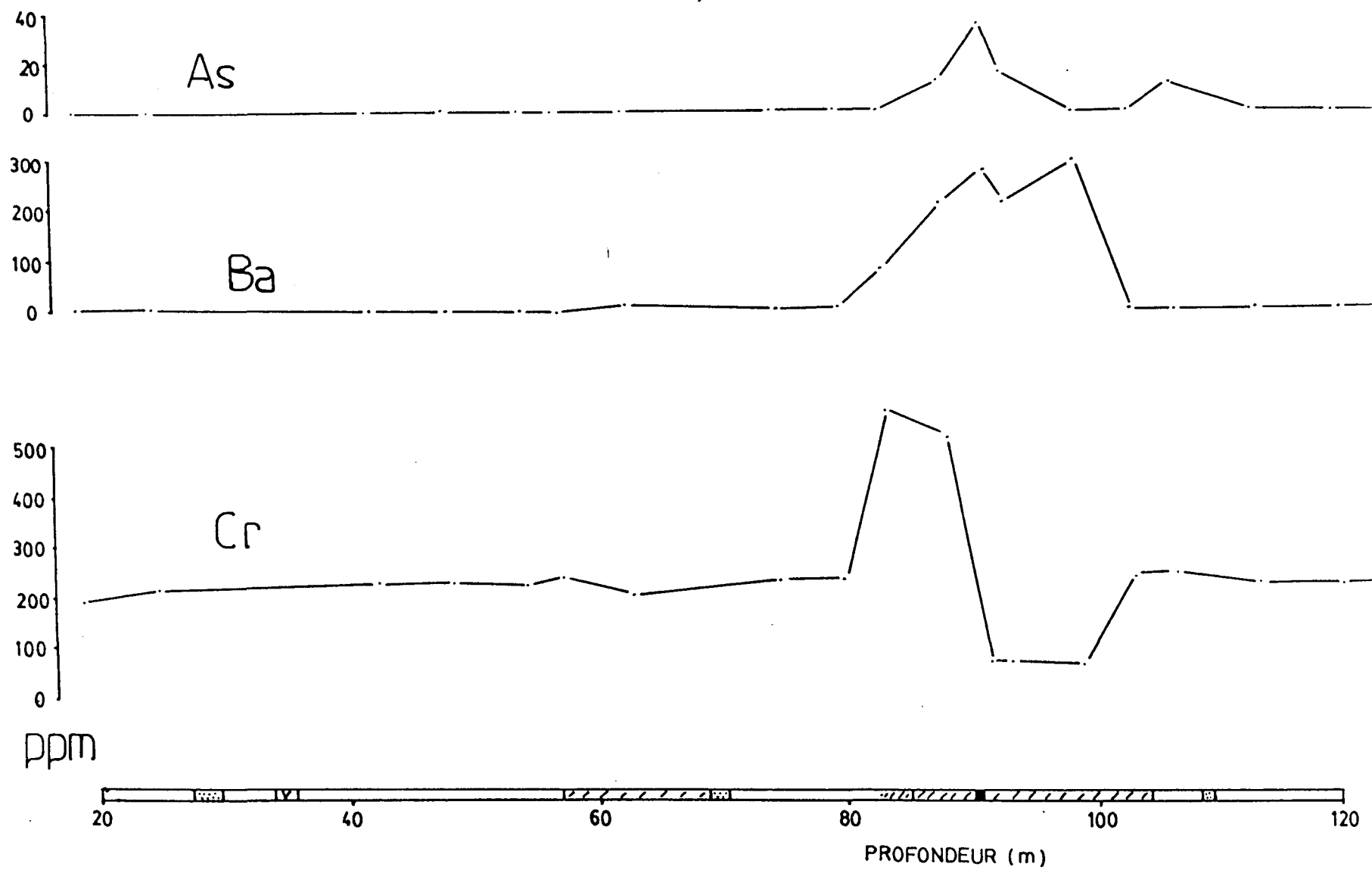
Les enrichissements en Ba et Rb sont parmi les plus marquants des éléments traces du système. On note des enrichissements en Ba allant jusqu'à quarante-sept fois le bruit de fond (inférieur à 10 PPM) et jusqu'à onze fois le bruit de fond (10 PPM) dans le cas du Rb. Ces enrichissements sont essentiellement reliés au cisaillement aurifère et s'apparentent fortement aux profils en K_2O et CO_2 (fig. 9). Ce qui laisse supposer une association directe du Ba et du Rb avec les carbonates et les micas blancs du cisaillement.

L'anomalie en Rb est toutefois moins étendue que celle du Ba et plus restreinte aux anomalies aurifères en tant que telles. De ce fait, le Rb semble plus relié à la séricite qu'aux carbonates, tandis que le Ba indique une nette association avec les carbonates.

On ne peut toutefois pas associer ces anomalies en Ba et Rb au lessivage des metabasites encaissantes. Dans les deux cas, les

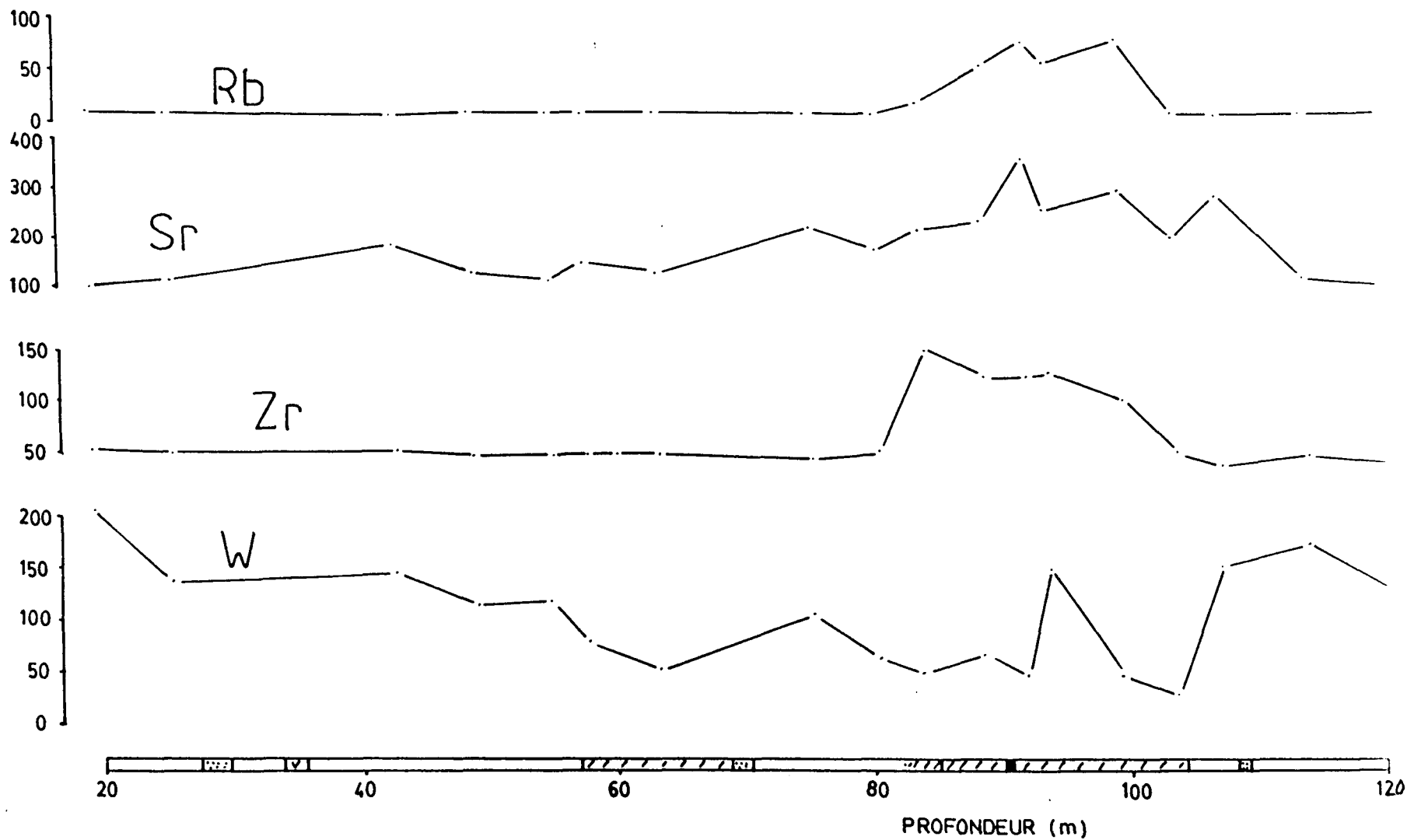
forage no. 8

FIG.15 Profils As, Ba, Cr



ppm forage no.8

FIG.16 Profils Rb, Sr, Zr, W



profils sont réguliers, plats et de faibles teneurs indiquant une autre source. Dans des contextes très similaires à Erratix comme les gisements de Yellowknife des territoires du Nord-Ouest (Boyle, 1961), les zones d'altération en carbonates-séricite ne dépassent pas 150 PPM en Ba. Boyle (1979) associe directement ou indirectement les teneurs nettement plus anormales en Ba, comme c'est le cas ici (jusqu'à 477 PPM), à des sources granitoïdes comme les monzonites et les diorites.

3.2.2.2 Zr (fig. 16)

Contrairement aux gisements d'or similaires (Boyle, 1979), l'indice Erratix est nettement enrichi en Zr. On y décèle jusqu'à 163 PPM dans le cisaillement minéralisé. Le bruit de fond est régulier et plat et se situe autour de 52 PPM.

Les seules lithologies susceptibles de posséder des teneurs appréciables en Zr dans le secteur sont les dykes felsiques et les granitoïdes. On sait que le Zr est principalement retrouvé dans les granitoïdes. Les tonalites du Complexe Eau Jaune contiennent d'ailleurs des teneurs entre 78 et 137 PPM (Tait et al, 1987). Ces tonalites sont toutefois pré-cinématiques, en d'autres mots, antérieurs à la minéralisation.

3.2.2.3 As (fig. 15)

Les teneurs anomaliques sont très faibles et restreintes au cisaillement minéralisé. Elles tournent autour de 15 PPM sauf dans un cas (35 PPM). Le bruit de fond est régulier et ne dépasse pas le cap de 3 PPM.

On peut parler ici d'une lacune géochimique, en ce sens que, contrairement, à tous les gisements aurifères connus, l'indice Erratix n'est que très faiblement enrichi en arsenic. Les gisements connus de type hydrothermal comme Yellowknife dépassent le plus souvent le cap de 500 PPM en arsenic (Boyle, 1979 et Kerrich, 1983).

3.2.2.4 Ni, Cr (fig. 15 et 18)

Les profils géochimiques en Cr révèlent des anomalies positives et négatives et toutes deux associées au cisaillement minéralisé. Le côté toit du cisaillement est enrichi tandis que le côté mur est appauvri, et ceci invariablement dans les forages nos 8 et 11. Les teneurs anomaliques positives se situent entre 345 et 556 PPM et les négatives entre 50 et 155 PPM. Pour sa part, le bruit de fond tourne autour de 220 PPM.

On ne note toutefois aucune association directe avec les intersections aurifères (fig. 14) et aucune dérivation par lessivage des metabasites encaissantes. Le chrome est habituellement associé dans ce contexte aux phyllosilicates (Boyle, 1979).

Le Ni trace des profils similaires au Cr mais beaucoup moins prononcés et discontinus le long du cisaillement (voir forage no 11, annexe 1). Les anomalies positive et négative sont respectivement 151 et 238 PPM pour un bruit de fond de 105 PPM. Pour sa part, le Ni s'associe dans ce contexte aux sulfures présents.

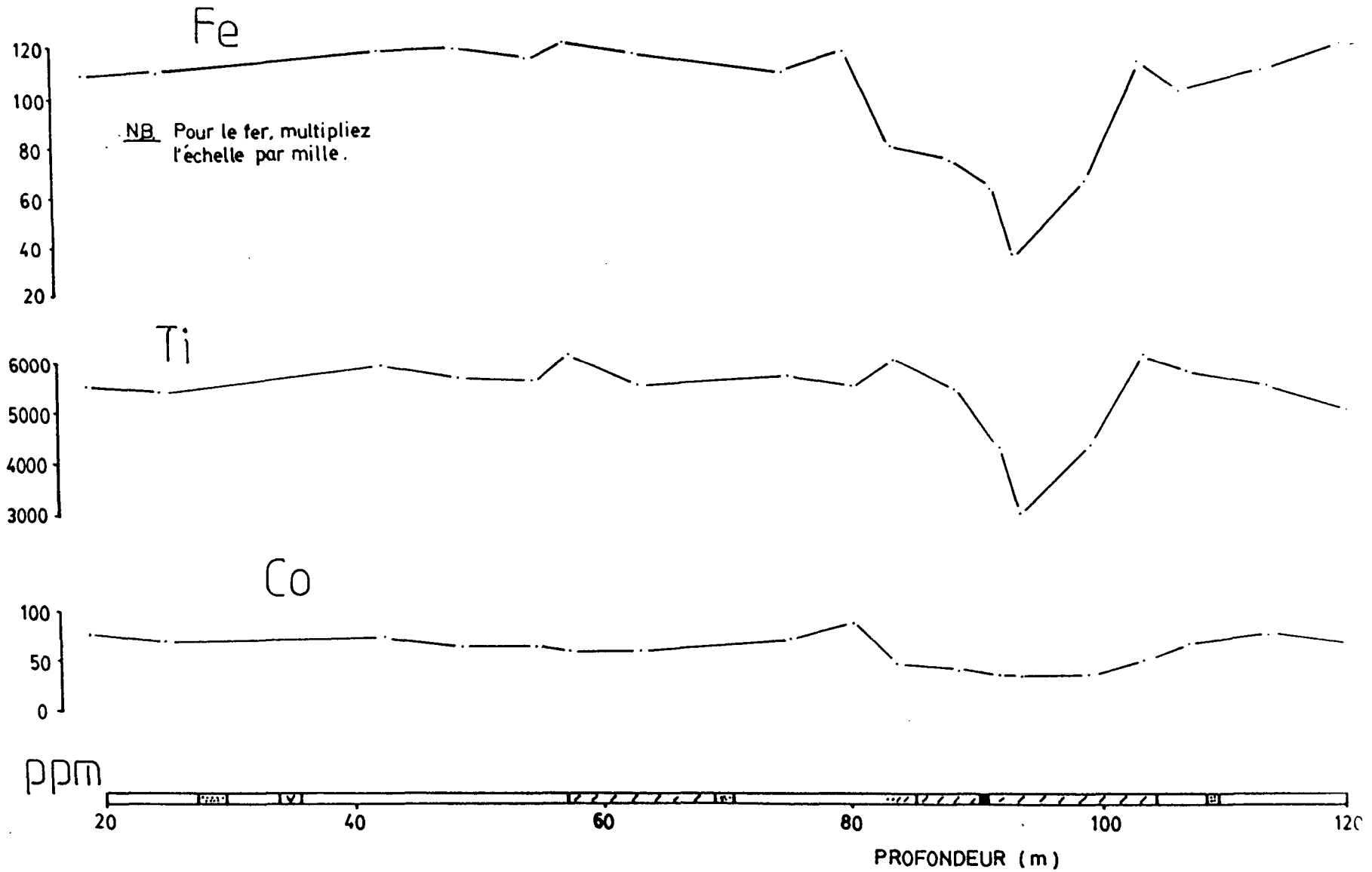
3.2.2.5 Sr (fig. 16)

Le Sr est le seul élément dont les teneurs anormales débordent la zone limitée par le cisaillement minéralisé. On note ainsi des teneurs anormales maximum de 366 PPM autour du centre du cisaillement et elles descendent graduellement autour de 100 PPM en s'éloignant du cisaillement dans les méta-basites encaissantes.

Le Sr ne peut être associé qu'aux carbonates. Ce sont les seuls minéraux dont le profil s'apparente le plus à ceux du Sr (fig. 7).

forage no. 8

FIG.17 Profils Fe, Ti, Co



3.2.3 Enrichissements mineurs

Des enrichissements mineurs ou négligeables ne dépassant guère plus de 20 PPM sont également observés en Li, Nb, Ta, Th et Y (fig. 19 et 20). Dans certains cas, il s'agit de fluctuations mineures dues aux variations minéralogiques et s'intensifiant plus ou moins dans le cisaillement minéralisé ou à l'approche de celui-ci. C'est le cas entre autres des Ta, Y et Li. Le Th et le Nb sont essentiellement reliés au cisaillement minéralisé.

3.2.4 Appauvrissements majeurs

3.2.4.1 Fe (fig. 17)

Il s'agit ici du lessivage le plus marquant du système. On note des appauvrissement jusqu'à 35700 PPM où le bruit de fond local est de 117000 PPM. Ces anomalies sont essentiellement restreintes au cisaillement aurifère.

Ce comportement est analogue aux Fe_2O_3 et FeO des éléments majeurs et souligne une fois de plus une certaine diminution de la densité des metabasaltes. Le fer résiduel du cisaillement minéralisé est principalement associé aux carbonates et chlorites. Les teneurs minimums se localisent près des intersections aurifères riches en séricite-carbonate.

3.2.4.2 Ti (fig.17)

Le Ti se comporte exactement comme le Fe en profil. La zone lessivée est toutefois un peu plus restreinte aux intersections aurifères. Le bruit de fond est de 5800 PPM et la teneur minimum est de 3000 PPM.

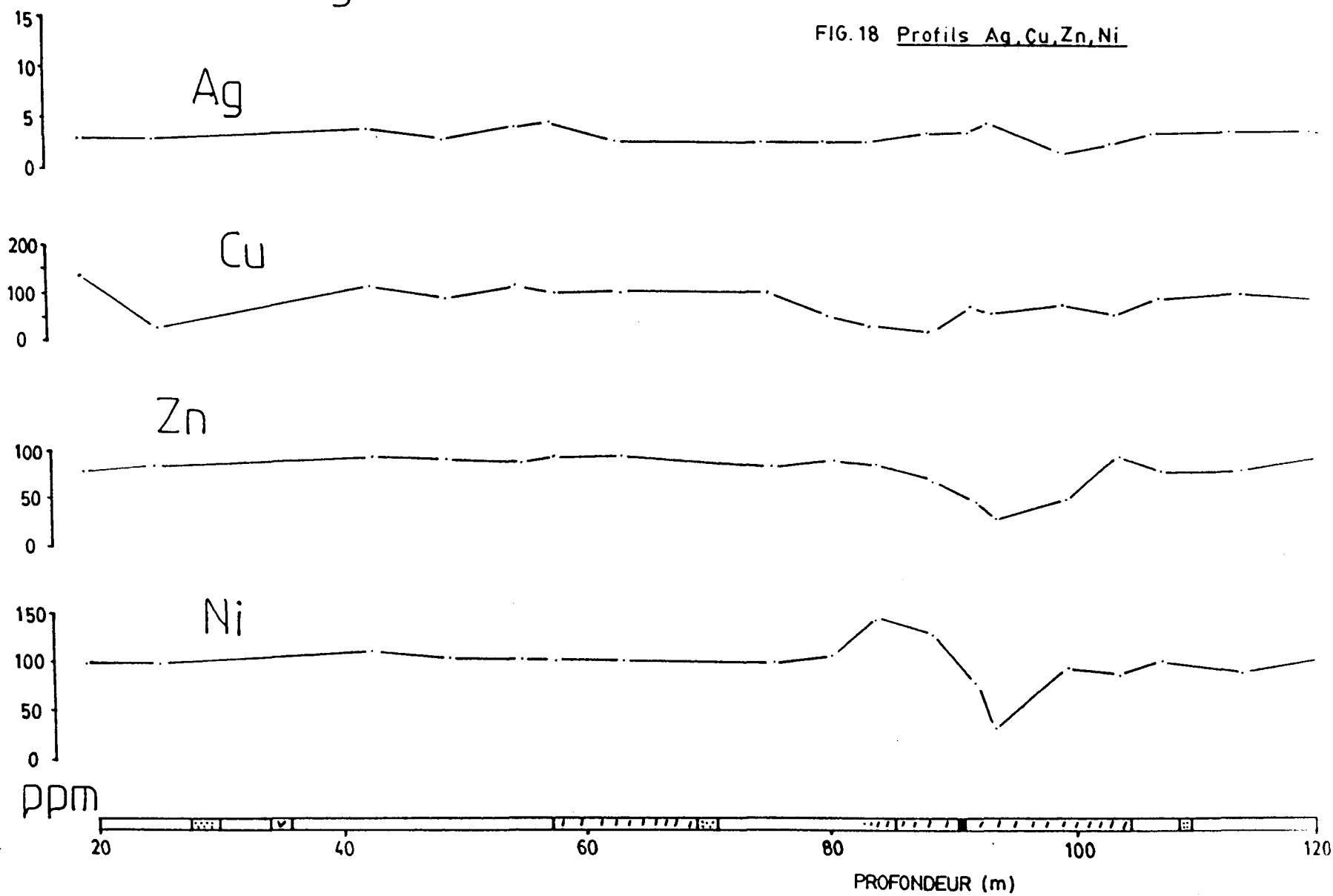
Le Ti n'est toutefois pas un élément spécifiquement corrélé avec l'or (Boyle, 1979) et ne s'associe pas avec les carbonates et chlorites. Il indique plutôt les minéraux accessoires comme les leucoxènes et les rutilles qui sont plutôt rares dans les zones fortement altérées d'Erratix. A la limite, on peut en retrouver associés aux micas.

3.2.4.3 W (fig. 16)

Il est difficile d'évaluer le bruit de fond en W du contexte d'Erratix. En effet, on dénote un lessivage graduel des méta-basaltes encaissants s'amplifiant à l'approche du cisaillement minéralisé. Dans la même direction, on décèle ainsi des teneurs allant de 200 PPM à 70 PPM dans le cisaillement aurifère. Il est toutefois possible de noter une légère augmentation à l'approche des intersections aurifères (168 PPM) du forage no 8 (fig. 16).

forage no.8

FIG. 18 Profils Ag, Cu, Zn, Ni



Ces teneurs sont toutefois faibles en comparaison avec des gisements aurifères similaires (Boyle, 1979). On y observe habituellement des teneurs jusqu'à 5000 PPM dans les zones minéralisées. De plus, le W est reconnu comme un associé universel de presque tous les dépôts aurifères (Foster, 1977). Ceci vient du fait que l'or et le W possèdent des solubilités très similaires. Des modes de précipitation différents pour les deux éléments pourraient expliquer l'absence d'anomalie positive en W. Guha et al (1988) soulignent également la quasi-absence du W des gisements aurifères filoniens de Chibougamau.

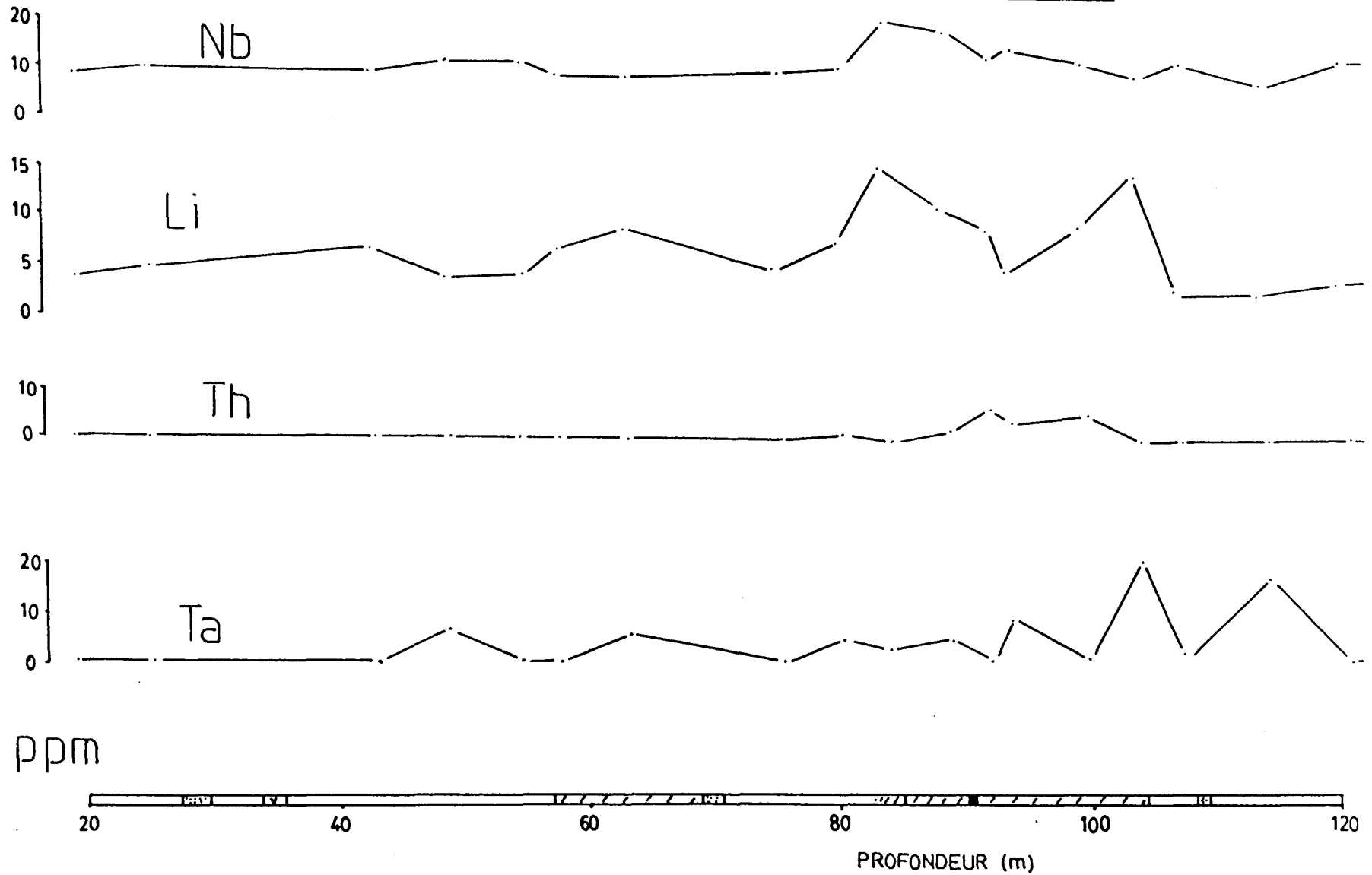
3.2.4.4 Cu, Zn et Co (fig. 17 et 18)

A l'exception de quelques fluctuations mineures, les profils géochimiques de ces trois éléments sont pratiquement uniformes et plats. On reconnaît quelques légers appauvrissements toujours au niveau du cisaillement minéralisé. On note des teneurs minimums de 11, 20 et 24 PPM pour le Cu, le Zn et le Co respectivement. Dans le même ordre, les bruits de fond sont de 107, 87 et 70 PPM.

Ces teneurs soulignent une fois de plus la rareté des sulfures présents dans le système. Il faut toutefois mentionner que les Cu, Zn et Co ne sont pas des associés universels des gisements aurifères de type filonien (Boyle, 1979). On n'en retrouve qu'en quantité mineure.

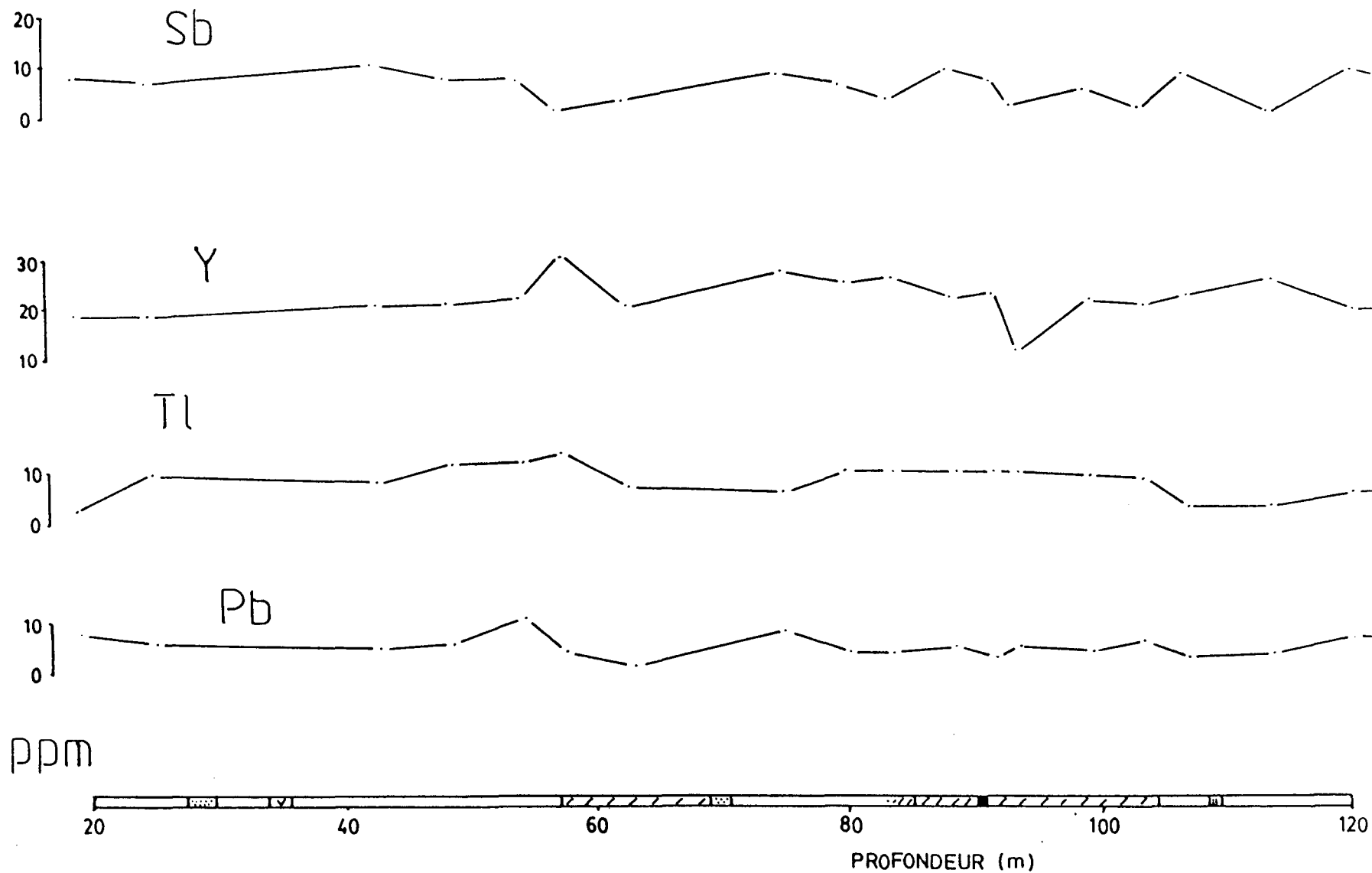
forage no.8

FIG.19 Profils Nb, Li, Th, Ta



forage no.8

FIG. 20 Profils Sb, Y, Tl, Pb



3.3 AUTRES ÉLÉMENTS

Des analyses ont également été effectuées pour les Pb (fig. 20), Mo, Se, Tl (fig. 20), Bi, Sn, Li (fig. 19) et Ag (fig. 18). A l'exception de quelques très faibles fluctuations, les résultats ne révèlent aucune variation notable et distincte en profil. Il faut souligner que ces résultats sont en PPM. Des analyses en PPB auraient peut-être été préférables pour certains éléments comme l'étain, le molybdène et même l'argent dont les associations avec les dépôts aurifères sont reconnues, mais à de faibles teneurs.

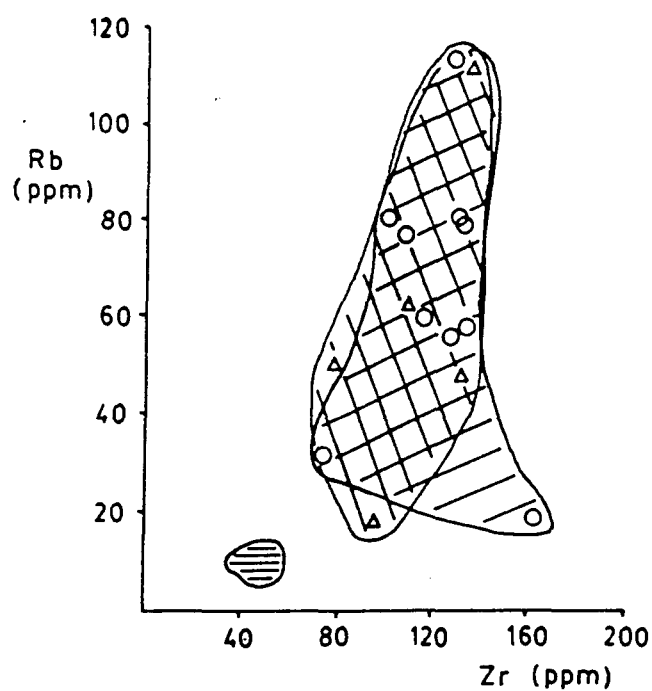
Les résultats de ces éléments sont fournis à l'annexe 2.




3.4 DISCUSSION

Les éléments traces peuvent être utiles pour retracer la source ou du moins le chemin parcouru par le fluide ou même par l'or dans un contexte hydrothermal. La littérature reste toutefois assez discrète sur l'utilisation des éléments traces et préfère plutôt l'interprétation des éléments majeurs, des isotopes et des inclusions fluides. On peut néanmoins établir les grandes lignes synthèses et proposer quelques éléments d'interprétation.

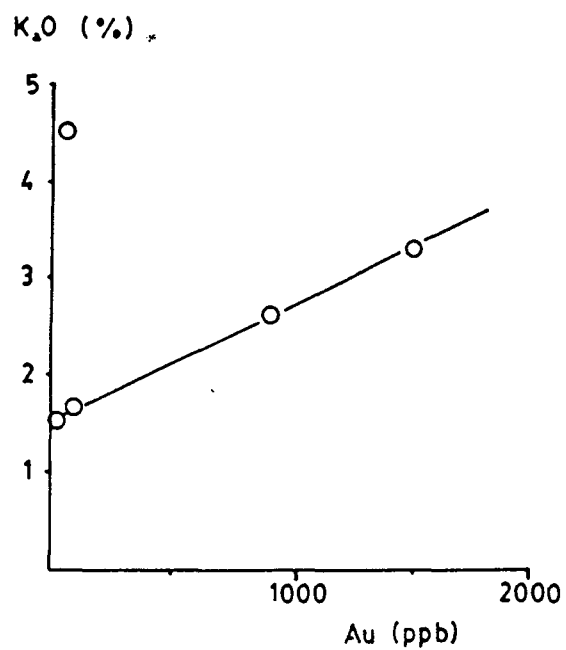
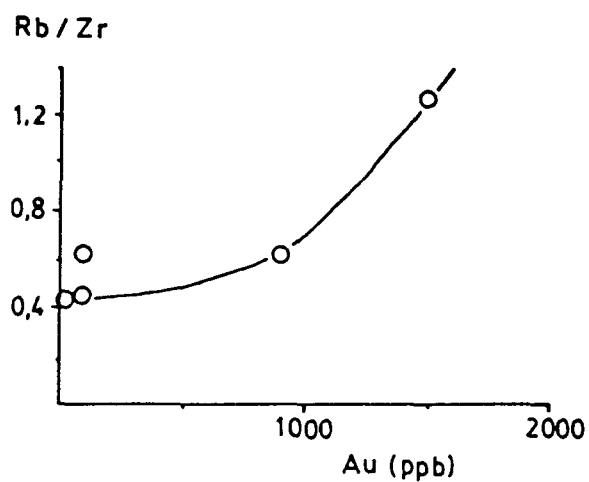
Le fluide de l'indice Erratix est ainsi principalement caractérisé par des enrichissements en Ba, Rb, Zr et Sr. On note également certains enrichissements plus ou moins continus en Cr(-Ni) et de très faibles anomalies en As. Le cisaillement et les metabasites encaissantes sont de plus lessivés en W. Les teneurs en Ag sont faibles, continues et non-anomaliées.

Les enrichissements en Ba, Rb et Sr sont caractéristiques et conformes des gisements aurifères épigénétiques (Boyle, 1979; Kerrich, 1983) et essentiellement reliés aux zones de carbonate-séricite et/ou carbonate-chlorite. Ce n'est pas le cas avec le Zr. Il s'agit d'un élément principalement associé aux granitoïdes et habituellement sans lien particulier avec les gisements aurifères (Boyle, 1979). De plus, les très fortes teneurs anomaliées en Ba (jusqu'à 477 PPM) suggèrent également un lien de nature granitique (Barnes, 1967; Boyle, 1979). L'étroite relation spatiale des intersections aurifères avec une petite masse felsique (voir section 1.4.1) et la proximité du Complexe Eau Jaune (750 mètres) peuvent fournir une explication à ces anomalies en Zr et Ba. Le diagramme Rb versus Zr (fig. 21a) montre que les champs des échantillons aurifères et du Complexe Eau Jaune se juxtaposent très bien, suggérant au premier abord un lien entre l'or de l'indice Erratix et le Complexe Eau Jaune ou du moins une source plutonique.

Fig. 21a Rb vs Zr

-  Champs du Complexe Eau Jaune (1)
-  Champs des zones aurifères (Erratix)
-  Champs des méta-basaltes d'Erratix (24 échantillons)

(1) Tait et al, 1987

Fig. 21c K₂O vs AuFig. 21b Rb/Zr vs Au

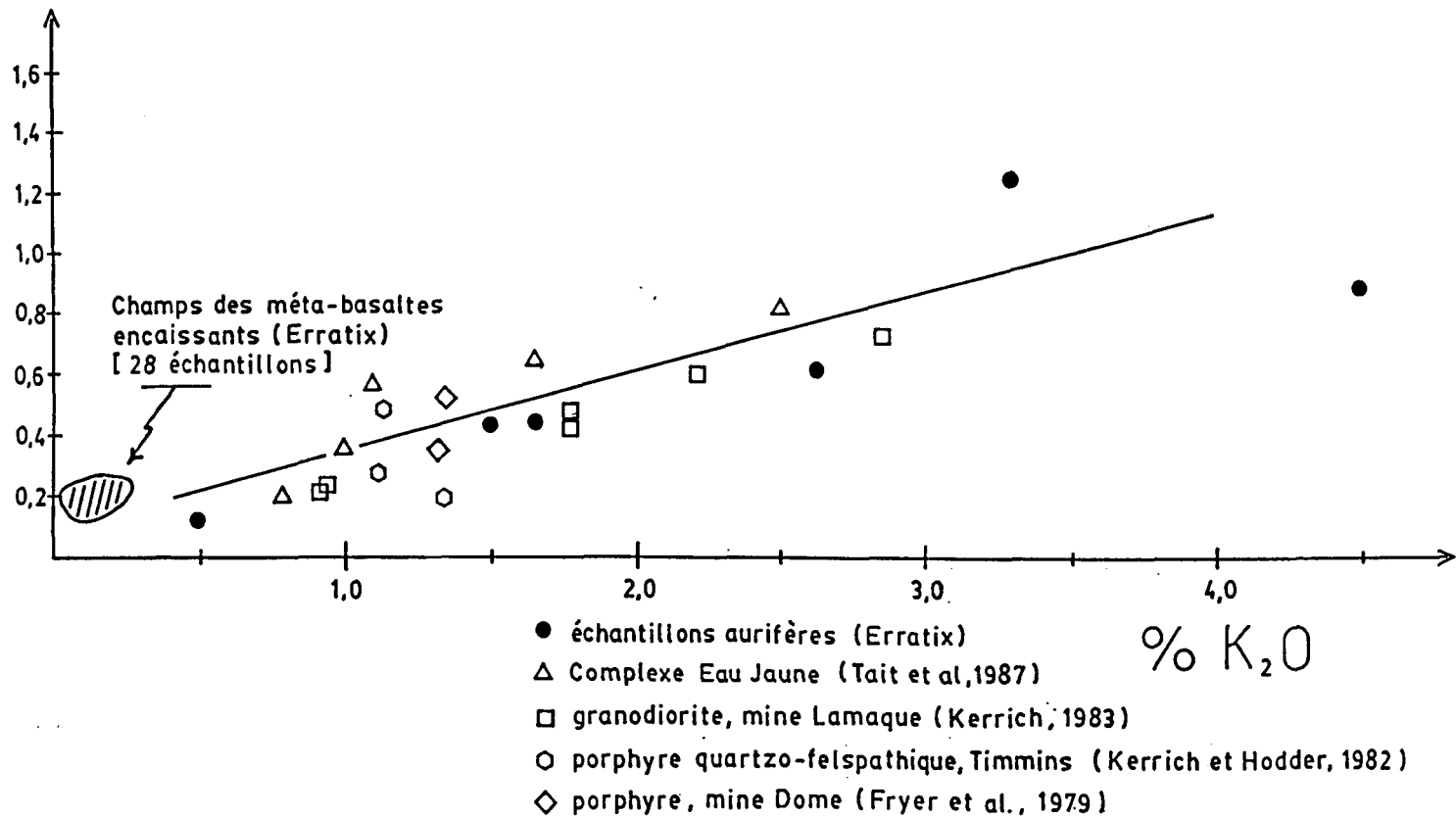
Les teneurs anormales en or sont de plus proportionnelles au rapport Rb/Zr et au K_2O (fig. 21 b et c). L'association présumée des anomalies en Zr avec le Complexe Eau Jaune et cette corrélation entre l'or et Rb/Zr semblent présager l'association entre l'or et le pluton felsique. Le diagramme Rb/Zr versus K_2O (fig. 22) indique d'ailleurs que les échantillons du Complexe Eau Jaune et les échantillons aurifères d'Erratix ont la même distribution linéaire. Il est à noter par ailleurs que le Complexe Eau Jaune est d'âge syn-volcanique (ou pré-cinématique selon Racicot et al, 1984), donc antérieur aux cisaillements de l'indice Erratix.

La présence de quelques dykes porphyriques (voir section 1.4.1) recoupant les cisaillements aurifères permet plutôt de soupçonner l'assistance d'un pluton ou d'un massif sous-jacent plus ou moins syntectonique. Ce présumé massif joue possiblement un rôle, du moins partiel, dans l'enrichissement en or du fluide hydrothermal.

Si l'on compare différents intrusifs et dykes porphyriques de gisements aurifères filoniens sur le diagramme Rb/Zr versus K_2O (fig. 22), on constate la même distribution linéaire qu'avec les échantillons aurifères d'Erratix et du Complexe Eau Jaune. Ceci est particulièrement vrai pour les échantillons granodioritiques de la mine Lamaque. Les dykes porphyriques ont plutôt tendance à former un nuage de points plutôt qu'une distribution linéaire. Ce nuage se

Fig.22 Diagramme Rb/Zr vs K₂O

Rb/Zr



localise néanmoins sur la même ligne de distribution de l'indice Erratix, de la mine Lamaque et du Complexe Eau Jaune.

Cette ligne de distribution Rb/Zr versus K_2O (fig. 22) n'est donc pas essentiellement distinctive des échantillons aurifères et du Complexe Eau Jaune. Elle semble plutôt distinguer certaines masses granitiques, du moins de composition dioritique-tonalitique (Complexe Eau Jaune) à granodioritique (stock de la mine Lamaque), où s'incorporent également les échantillons aurifères de l'indice Erratix. Sur ce point, il est donc plus prudent de proposer une source aurifère magmatique syn-tectonique en profondeur plutôt qu'un lessivage du Complexe Eau Jaune.

On doit toutefois rappeler que les profils géochimiques des éléments majeurs possèdent pratiquement tous les attributs de ceux générés par interactions chimiques entre un fluide métamorphique et des coulées mafiques encaissantes (voir section 3.1.15) dans un conduit structural, selon le modèle proposé par Kerrich et Hodder (1982), Kerrich (1983) et Fyfe et Kerrich (1984). Ce qui laisse sous-entendre la possibilité d'un fluide primaire combiné, c'est-à-dire composé d'un assemblage métamorphique et magmatique. Quels ont été les facteurs qui ont toutefois favorisés le piégeage et la précipitation de l'or dans le contexte de l'indice Erratix? L'étroite relation spatiale des intersections aurifères et du petit massif quartzo-feldspathique indique sûrement un élément de la réponse. Ce

massif que l'on associe vraisemblablement au Complexe Eau Jaune (Larouche, 1988; Daigneault et al, 1988) a pu avoir un rôle chimique et/ou structural au niveau de la précipitation. Le principal cisaillement aurifère[☆] N60°W (fig. 3b et 4) dévierait d'ailleurs sur ce dernier selon Annie Larouche (communication personnelle, 1989).

Il est important de souligner que les intersections aurifères se situent presque toutes au coeur d'un domaine structural anomalique (Larouche, 1988). En effet, cette dernière a subdivisé le secteur en cinq domaines structuraux où la majorité des forages et intersections aurifères se concentre dans le même domaine. Celui-ci indique une direction inversée des coussins par rapport aux autres domaines, c'est aussi celui où l'on retrouve le plus de mouvements de cisaillement horizontaux (les autres sont essentiellement de chevauchement) et enfin, c'est le domaine où l'on retrouve le plus de dykes et d'intrusions (40% en superficie) dont la petite masse mentionnée plus haut. De plus, Daigneault et al (1988) soulignent la proximité d'une charnière de pli suggérée par la forme en molaire des structures coussinées. Le patron de schistosité locale (S₂) est également plissé (Larouche, 1988). Toutes ces caractéristiques sont ainsi fortement propices pour un "embuscade" structurale et géologique pour le fluide minéralisé.

L'aspect fortement erratique et spatialement restreint des intersections aurifères tend toutefois à suggérer que cette

"embuscade" ne serait en réalité qu'un simple accident de parcours d'un fluide minéralisé qui pourrait générer un gîte plus important et toujours anonyme.

Le prochain chapitre a pour but d'établir les comparaisons majeures de l'indice Erratix avec les gisements les plus similaires de Chibougamau. Les liens tout comme les lacunes y seront présentés pour expliquer, dans une première approche, le pourquoi de cet "accident de parcours"

CHAPITRE IV

COMPARAISONS RÉGIONALES

Ce dernier chapitre a pour but d'établir les liens et les lacunes de l'indice Erratix avec les gisements les plus analogues du camp minier de Chibougamau.

Il existe, entre autres dans la région de Chibougamau, deux gisements aurifères filoniens en plusieurs points comparables à l'indice Erratix. Il s'agit des mines Norbeau et Joe Mann (Chibex). Elles se situent respectivement à 5 km au nord-est et 64 km au sud de la ville de Chibougamau (fig. 2a). Aucun lien structural et stratigraphique n'existe entre elles. En voici les principales caractéristiques:

4.1 MINE NORBEAU

Géologiquement parlant, la mine Norbeau se situe sur le flanc sud du synclinal de Chibougamau à l'intérieur du filon-couche gabbroïque de Bourbeau du Complexe de Cummings (fig. 2a), à proximité de la faille est-nord-est du lac Antoinette.

Comme à l'indice Erratix, la minéralisation est associée à des veines de quartz cataclasé et logées à l'intérieur de failles ductiles-cassantes d'orientation plus ou moins est-ouest et de nature chevauchante à faible mouvement senestre. Ces failles sont toutefois sub-parallèles à la schistosité régionale S_2 . De plus, les failles-hôtes de Norbeau représenteraient selon Dubé et Guha (1989) des zones plus intenses de la schistosité S_2 . On retrouve même la présence de certaines mylonites occasionnelles (New Vein).

On retrouve plusieurs autres similitudes surtout au niveau des patrons d'altérations. La plus marquante est qu'à la mine Norbeau tout comme à l'indice Erratix, l'abondance de la séricite est inversement proportionnelle à celle de la chlorite (dans la majorité des cas), où la séricite est directement liée aux intersections aurifères (Dubé et Guha, 1989). En second lieu, les carbonates sont surtout composés de calcite et également d'ankérite dans les zones aurifères. Les relations $K_2O/K_2O + Na_2O$ et/ou $Na_2O/K_2O + Na_2O$ aussi que $SiO_2/CO_2 + H_2O + S$ sont aussi similaires.

La différence majeure reste au niveau des sulfures. A la mine Norbeau, on note jusqu'à 20% de sulfures dans les zones aurifères et parfois jusqu'à 15% dans l'encaissant (Dubé et Guha, 1989). A l'indice Erratix, les sulfures sont le plus souvent entre 1 et 2% et distribués erratiquement (voir chapitre II). De plus, on note une corrélation très importante entre l'or et l'arsénopyrite à Norbeau où les teneurs en

arsenic atteignent 3000 PPM (Dubé et Guha, 1989), tandis qu'elles ne dépassent pas 35 PPM à l'indice Erratix (voir chapitre III). L'or est plutôt associé à la pyrrhotine dans le cas étudié.

4.2 MINE JOE MANN (CHIBEX)

A l'heure actuelle, ce gisement est le plus près de l'indice Erratix. Il se situe à quelques 25 km à l'est-sud-est de ce dernier (fig. 2a). Stratigraphiquement, il est aussi hôte de la même formation qu'à Erratix, c'est-à-dire la formation Obatogamau.

Le corps minéralisé est logé dans un filon gabbroïque et aussi dans une roche d'aspect rhyolitique en contact avec les basaltes de l'Obatogamau. Comme dans les cas de l'indice Erratix et de la mine Norbeau, l'or est piégé dans des veines de quartz (blanc) bréchifiées (quartz cataclasé) dans des cisaillements plus ou moins est-ouest, de nature ductile-cassant, à mouvement inverse et avec une faible composante senestre. Les veines montrent toutefois un certain rubannement et les cisaillements sont comme à la mine Norbeau, c'est-à-dire parallèles à S_2 . Des cisaillements nord-nord-ouest sont aussi présents.

Il faut aussi souligner l'omniprésence de dykes felsiques dans les zones minéralisées. Leur relation avec les veines ne sont toutefois pas encore établie (Dion et Guha, 1988). De plus, on note des

enrichissements en barium et rubidium dans les zones aurifères comme dans le cas d'Erratix.

La minéralisation est constituée d'or natif se présentant le plus souvent en remplissage de fractures (Wagner, 1979) indiquant une mise en place tardive dans le système. On note aussi jusqu'à 30% de sulfures surtout constitués de chalcopyrite-pyrrhotine (-pyrite) et également d'arsénopyrite dans les niveaux rhyolitiques (Wagner, 1979; Dion et Guha, 1988). Ce pourcentage souligne encore une fois la carence en sulfures de l'indice Erratix.

Comme à la mine Norbeau et à l'indice Erratix, les zones aurifères montrent toutes un certain degré de séricitisation ainsi que des carbonates de fer. La séricite peut toutefois être remplacée par la biotite. De plus, l'or montre une relation directe avec de l'albite hydrothermale (Wagner, 1979). La chlorite semble essentiellement présente dans les gabbros encaissants. La relation inverse entre la séricite et la chlorite par rapport à l'or n'est donc pas aussi manifeste qu'à Norbeau et Erratix. Finalement, les comportements géochimiques des alcalis (K_2O/Na_2O) et de la silice ($SiO_2/CO_2 + S$) restent sensiblement les mêmes qu'à Norbeau et Erratix.

Pour conclure, le tableau 7 présente les principales caractéristiques des mines Norbeau, Joe Mann et de l'indice Erratix. On constate donc qu'il existe de nombreuses analogies, celles-ci sont

surtout aux niveaux des structures et des patrons d'altérations (minéralogiques et géochimiques). Ces analogies témoignent donc de la similitude des comportements chimiques des fluides aurifères via un contexte encaissant mafique. Il faut toutefois comprendre que ces fluides ne peuvent être homogènes jusque dans les détails. Leurs chemins parcourus ne peuvent être tous identiques. En admettant un régime similaire (en théorie), les fluides vont néanmoins parcourir des contextes pétrographiques différents et variables et ils peuvent être combinés à d'autres fluides magmatiques ou métamorphiques. Ces facteurs influencent sans aucun doute la composition des fluides et donc le produit fini, c'est-à-dire le gîte minéralisé.

Les différences prédominantes sont aux niveaux des contextes encaissants et de la présence de sulfures (voir caractères gras au tableau 7). Le tableau 7 souligne clairement la nécessité des sulfures et possiblement d'un contexte encaissant compétent pour un dépôt filonien économique. On peut toutefois noter qu'à la mine Gwillim (fig. 2a), les filons aurifères sont majoritairement piégés dans des cisaillements à l'intérieur de laves mafiques (Bouchard et al, 1984). Les caractéristiques géochimiques restent par contre différentes: on y note des enrichissements en Cu-Ag(-Zn-Hg), contrairement à l'indice Erratix. De plus, il semble s'agir de filons tardifs reliés à un contexte de dépôt volcanogène (Bouchard et al, 1984).

TABLEAU 7: PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES DES MINES NORBEAU, JOE MANN ET DE L'INDICE ERRATIX

	Indice Erratix	Mine Norbeau (Dubé et Guha, 1989)	Mine Joe Mann (Wagner, 1979) (Dion et Guha, 1988)
Type de gisement	Filonien	Filonien	Filonien
Formation-hôte	Obatogamau	Complexe de Cummings	Obatogamau
Caractéristiques des cisaillements-hôtes	Est-ouest, ductile-cassant, inverse, faible mouvement senestre	Est-ouest, ductile-cassant, inverse, faible mouvement senestre	Est-ouest et(Nord-nord-ouest), ductile-cassant, inverse, faible mouvement senestre
Relation des cisaillements avec S ₂	Recoupe S ₂	Parallèle	Parallèle (dans le cas des est-ouest)
Types d'encalssants	Basalte (Tholéiite)	Gabbro (Filon-couche de Bourbeau)	Gabbro (et rhyolite)
Veine (couleur, texture, orientation)	Enfumée, cataclasée, est-ouest	Enfumée, cataclasée, est-ouest	Blanche, cataclasée, est-ouest
Minéralisation	Or-pyrrhotine	Or-arsénopyrite	Or-chalcopryrite-pyrrhotine (-arsénopyrite)
% sulfures (max)	1-2%	20%	30%
Relation inverse séricite/chlorite	Très manifeste	Très manifeste	Moins manifeste
Type de carbonates dans les zones aurifères	Ankérite (- calcite)	Calcite et ankérite	Carbonates ferrugineux
Relation K ₂ O/Na ₂ O ou K ₂ O/K ₂ O + Na ₂ O dans les zones aurifères	Augmente	Augmente	Augmente
Relation SiO ₂ /CO ₂ + S ou SiO ₂ / CO ₂ + H ₂ O + S dans les zones aurifères	Diminue	Diminue	Diminue
Autres	Présence de dykes felsiques		Présence de dykes felsiques

CONCLUSIONS

Au niveau géochimique, l'indice Erratix présente ainsi de nombreuses similitudes avec la plupart des gisements aurifères filoniens reconnus (Barnes, 1967; Boyle, 1979; Kerrich et Hodder 1982; Kerrich, 1983; Guha, 1984; Edwards et Atkinson, 1986). Les intersections aurifères sont dominées par des enrichissements en CO_2 et K_2O , dont ceux en K_2O prévalent nettement sur ceux en Na_2O démontrés par les rapports $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ et $\text{Na}_2\text{O}/(\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O})$.

Le domaine minéralisé indique également des conditions réductrices dont témoignent la réaction déshydratante pour expliquer la présence des carbonates de fer (voir section 3.1.16), la réduction du fer ferrique suggéré par le profil appauvri des rapports $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{FeO}$ ainsi que le profil enrichi des rapports $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$ qui propose un milieu où prévalent des réactions réductrices (Dubé, Guha et Rocheleau, 1987).

Ces profils en éléments majeurs possèdent aussi tous les attributs d'un système généré par un fluide métamorphique (Kerrich et Hodder, 1982; Kerrich, 1983; Fyfe et Kerrich, 1984). Toutefois, la distribution linéaire commune des échantillons aurifères de l'indice Erratix et de certains massifs granitiques dans le diagramme Rb/Zr

versus K_2O suggère fort possiblement la présence d'une source magmatique syn-tectonique en profondeur. Ce qui laisse augurer la possibilité d'un fluide combiné, c'est-à-dire magmatique et métamorphique.

Cependant, les comparaisons avec les gisements similaires de Chibougamau ont clairement souligné la carence en soufre de l'indice Erratix qui peut être justement une des causes majeures de son état non-économique. Barnes (1967) et Seward (1984) accordent d'ailleurs un rôle considérable au soufre aux niveaux de la solubilité et du transport de l'or.

Ces comparaisons insistent également sur la préférence d'un domaine encaissant compétent. Ce n'est pas le cas de l'indice Erratix où l'encaissant se compose de coulées coussinées mafiques. L'indice est plutôt piégé dans un domaine structural anormalique (Larouche, 1988) en relation avec une charnière de pli et postérieur à la déformation régionale S_2 (post-cinématique ou tardi-kénorien). Pour ces raisons, on peut donc présenter ou supposer l'indice Erratix comme un simple accident de parcours d'un fluide minéralisé, qui aurait généré un gîte plus important dans un domaine encaissant possiblement plus compétent, mais toujours anonyme.

RÉFÉRENCES

- ALLARD, G.O., GOBEIL, A. 1984. General Geology of the Chibougamau Region. *Dans* Chibougamau-Stratigraphie et Minéralisation, *Éditeurs*: J. Guha, E.H. Chown, C.I.M.M., Volume spécial no 34. pp. 5-19.
- BARNES, H.L. 1967. Geochemistry of hydrothermal ore deposits, Rinehart and Winston Inc., New York, 670 p.
- BOUCHARD, G., GUHA, J., ZUCKERKANDEL, W. CARIGNAN, J., ARCHAMBAULT, G. 1984. The Gwillim Gold Mine and its Geological setting. *Dans* Chibougamau-Stratigraphie et Minéralisation, *Éditeurs*: J. Guha, E.H. Chown, C.I.M.M., Volume spécial no 34, pp. 370-384.
- BOYLE, R.W. 1961. The Geology, Geochemistry and Origin of the Gold Deposits of the Yellowknife District. Geol. Surv. Can., Mem. 310, 193 p.

BOYLE, R.W. 1979. The Geochemistry of Gold and its deposits. Geol. Surv. Can., Bulletin 280, 584 p.

BURNHAM, C.W. 1962. Facies and Types of hydrothermal alteration, Econ. Geol., Volume 57, pp. 768-784.

DAIGNEAULT, R., ALLARD, G.O. 1984. Évolution tectonique d'une portion du Sillon de Roches Vertes de Chibougamau. *Dans* Chibougamau-Stratigraphie et Minéralisation, *Éditeurs:* J. Guha, E.H. Chown, C.I.M.M., Volume spécial no 34, pp. 212-228.

DAIGNEAULT, R., GOBEIL, A., TAIT, L. 1988. Analyse géométrique et dynamique des couloirs de déformation - région de Chibougamau. Livret guide d'excursion, M.E.R.Q. non publié, 38 p.

DION, C., GUHA, J. 1988 (sous presse). Étude métallogénique de la bande Caopatina-Quévillon (secteur Joe Mann), région de Chibougamau: Gîtologie de la mine Joe Mann. Rapport d'étape soumis au M.E.R.Q. par l' U.Q.A.C./C.E.R.M., 85 p.

DUBÉ, B., GUHA, J. 1989. Étude métallogénique (aurifère) du filon-couche de Bourbeau (région de Chibougamau). M.E.R.Q., MM 87-03, 156 p.

- DUBÉ, B., GUHA, J., ROCHELEAU, M. 1987. Alteration patterns related to gold mineralization and their relation to CO₂/H₂O Ratios, Min. and Petr., volume 37, pp. 267-291.
- EDWARDS, R., ATKINSON, K. 1986. Hydrothermal vein deposits. Dans Ore Deposits Geology. *Éditeurs*: Chapman and Hall, London-New York, pp. 143-174.
- FOSTER, R.P. 1977. Solubility of scheelite in hydrothermal chloride solutions. Chem. Geol., Volume 20, pp. 27-43.
- FRYER, B.J., KERRICH, R., HUTCHINSON, W., PIERCE, M.G. et ROGERS, D.S. 1979. Archaean Precious-metal hydrothermal systems, Dome Mine, Abitibi Greenstone Belt I. Patterns of alteration and metal distribution. Can. J. Earth Sci., volume 16, pp. 421-439.
- FYFE, W.S., KERRICH, R. 1984. Gold: Natural concentration processes. Dans Gold '82. The Geology, Geochemistry and Genesis of Gold Deposits, *Éditeur*: Foster, R.P., pp. 99-128.
- GOBEIL, A., RACICOT, D. 1984. Chibougamau, histoire et minéralisation. Dans Chibougamau-Stratigraphie et Minéralisation, *Éditeurs*: J. Guha et E.H. Chown, C.I.M.M., Volume spécial no 34, pp. 261-270.

- GRESENS, R.L. 1967. Composition-volume relationships of metasomatism. Chem. Geol. Volume 2, pp. 47-65.
- GUHA, J. 1984. Hydrothermal systems and correlations of mineral deposits in the Chibougamau mining district-an overview. *Dans Chibougamau-Stratigraphie et Minéralisation, Éditeurs: J. Guha , E.H. Chown, C.I.M.M., Volume spécial no 34, pp. 517-534.*
- GUHA, J., DUBÉ, P., PILOTE, P., CHOWN, E.H., ARCHAMBAULT, G. et BOUCHARD, G. 1988. Gold mineralization patterns in relation to the lithologic and tectonic evolution of the Chibougamau mining district, Québec, Canada. Min. Depos., volume 23, pp. 293-298.
- HELGESON, H.C. 1964. Complexing and hydrothermal ore deposition. Pergamon Press, New York, 128 p.
- KERRICH, R. 1983. Geochemistry of gold deposits in the Abitibi Greenstone Belt, C.I.M.M., Special volume 27, 75 p.

- KERRICH, R. et HODDER, R.W. 1982. Archean lode gold and base metal deposits: Evidence for metal separation into independent hydrothermal systems. *Dans* Geology of Canadian gold deposits. *Éditeurs*: R.H. Hodder et W. Petruk, C.I.M.M., Volume spécial no 24, pp. 144-160.
- KISHIDA, A. et KERRICH, R., 1987. Hydrothermal alteration zoning and gold concentration at the Kerr-Addison Archean lode gold deposit, Kirkland Lake, Ontario. *Econ. Geol.*, volume no 82, pp. 649-687.
- LAROCHE, A., 1988. Analyse structurale d'un indice aurifère de la région de Chibougamau, Québec. Mémoire de maîtrise, Université Laval, 54 p.
- McKINSTRY, H.E., 1957. Source of iron in pyritized wall rocks. *Econ. Geol.*, volume no 52, pp. 739-754.
- PHILLIPS, G.N. et GROVES, D.I., 1984. Fluid access and fluid-wall rock interaction in the genesis of the Archean gold-quartz vein deposit at Hunt Mine, Kambalda, Western Australia. *Dans* Gold '82, The geology, geochemistry and genesis of gold deposits. *Éditeur*: Foster, R.P., pp. 389-416

- POITRAS, A.**, 1984. The Cummings Complex in the Barlow Lake stratigraphic section Chibougamau, Quebec. *Dans* Chibougamau-Stratigraphie et Minéralisation, *Éditeurs*: J. Guha et E.H. Chown, C.I.M.M., Volume spécial no 34, pp. 163-177.
- SEWARD, T.M.**, 1984. The transport and deposition of gold in hydrothermal systems. *Dans* Gold '82: The geology, geochemistry and genesis of gold deposits. *Éditeur*: Foster, R.P., pp. 165-182.
- THÉRIAULT, G.** 1985. Rapport de la campagne de prospection 1984-1985, Projet Erratix, S.O.Q.U.E.M., GM-42391, non-publié, 7 p.
- TAIT, L., PILOTE, P. et CHOWN, E.H.**, 1987. Géologie de la région du Lac à l'Eau Jaune - district de Chibougamau, M.E.R.Q., MB-87-24, 119 p.
- VACHON, A.**, 1985. Campagne d'exploration, Indice Erratix, Projet Fancamp, S.O.Q.U.E.M., GM-42392, non-publié, 20 p.
- WAGNER, W.R.**, 1979. Geology of the Chibex gold deposit, Chibougamau, Québec, U.Q.A.C. Mémoire de maîtrise, 105 p.

ANNEXE 1

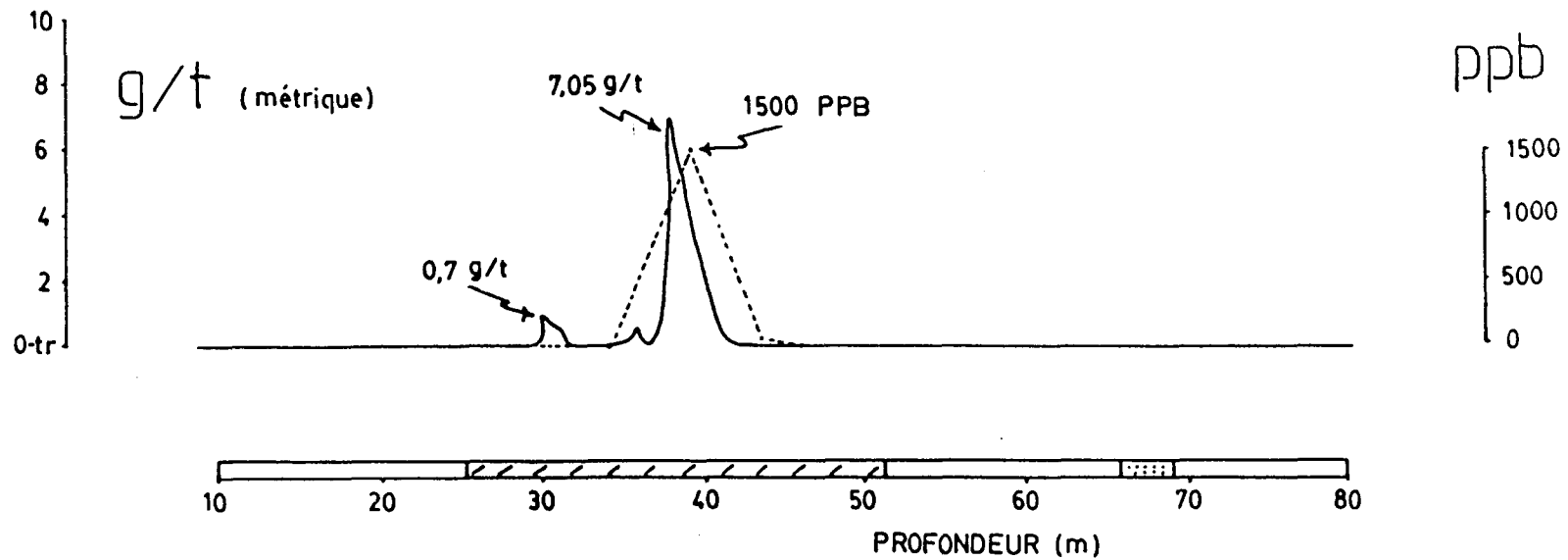
PROFILS GÉOCHIMIQUES DU FORAGE NO 11

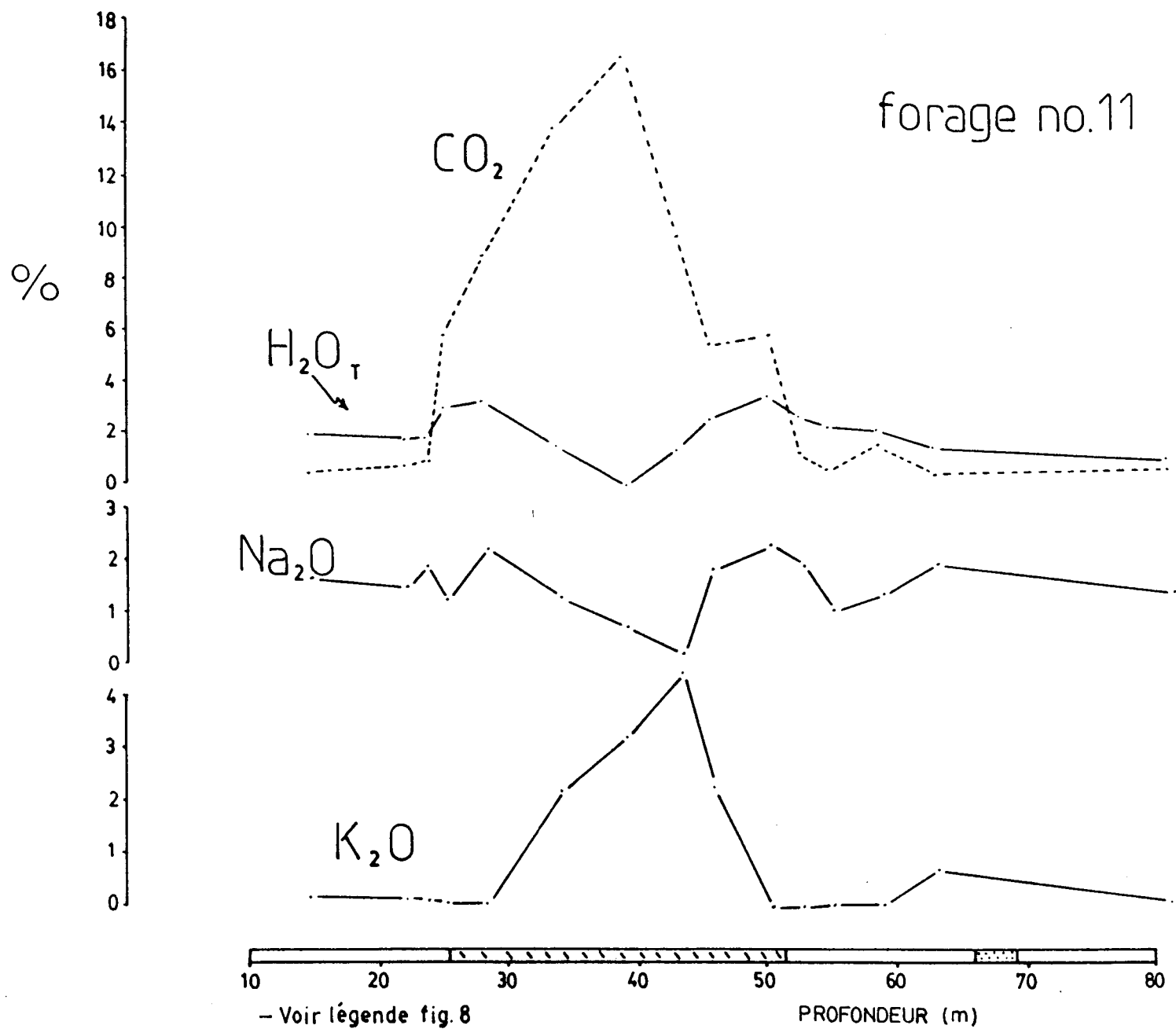
forage no.11

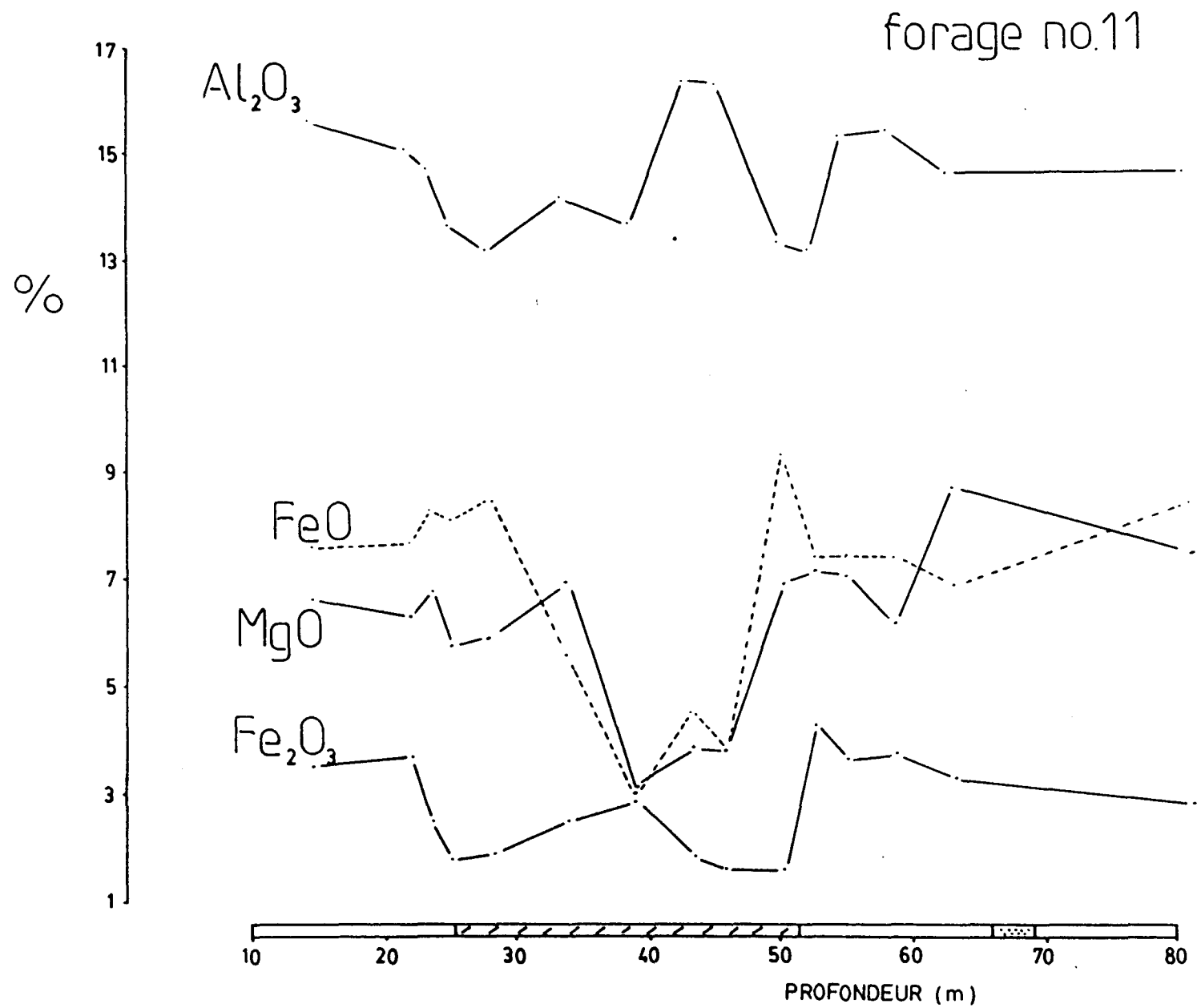
PROFIL AURIFÈRE

"background" : < 1 ppb

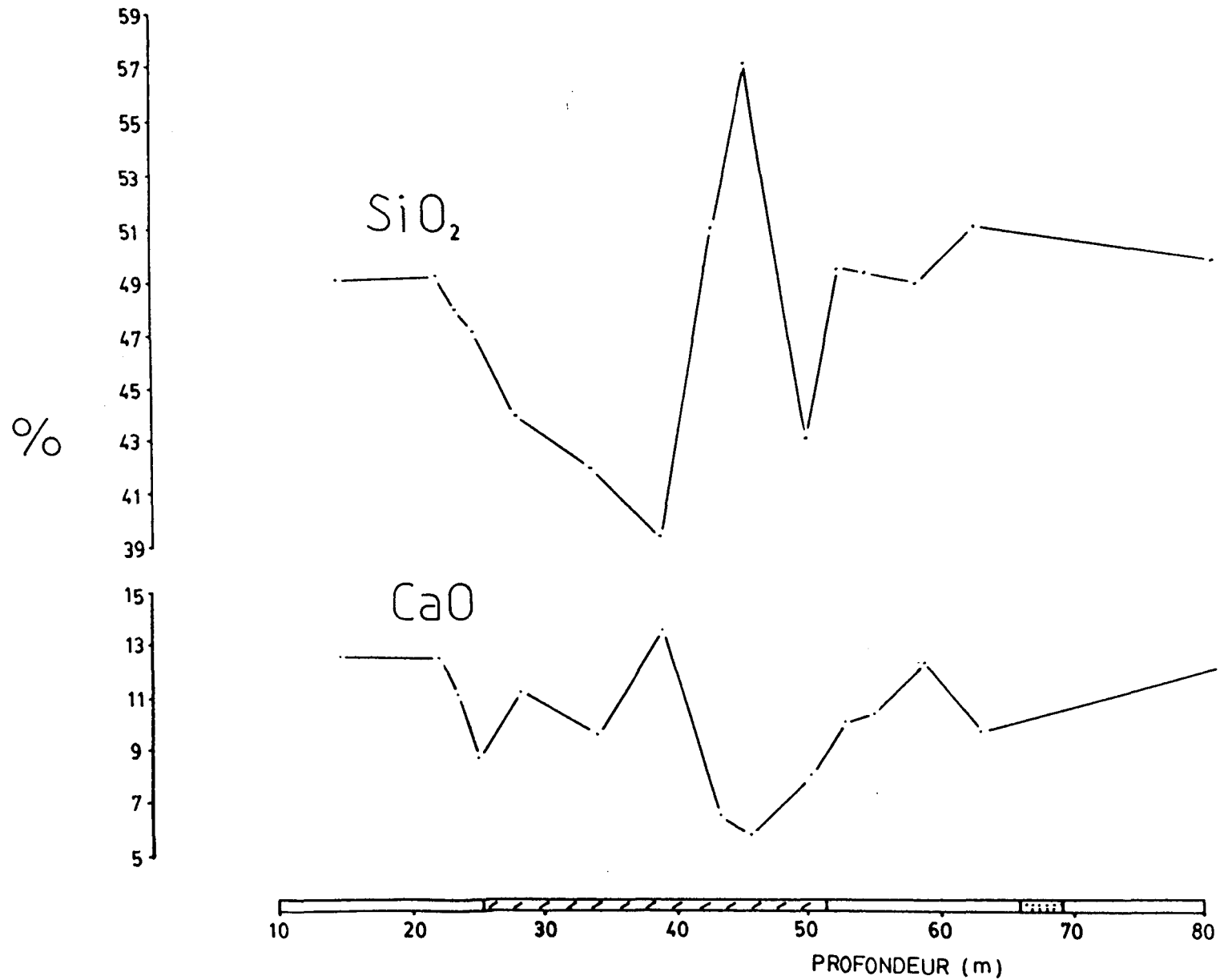
— g/t
..... ppb



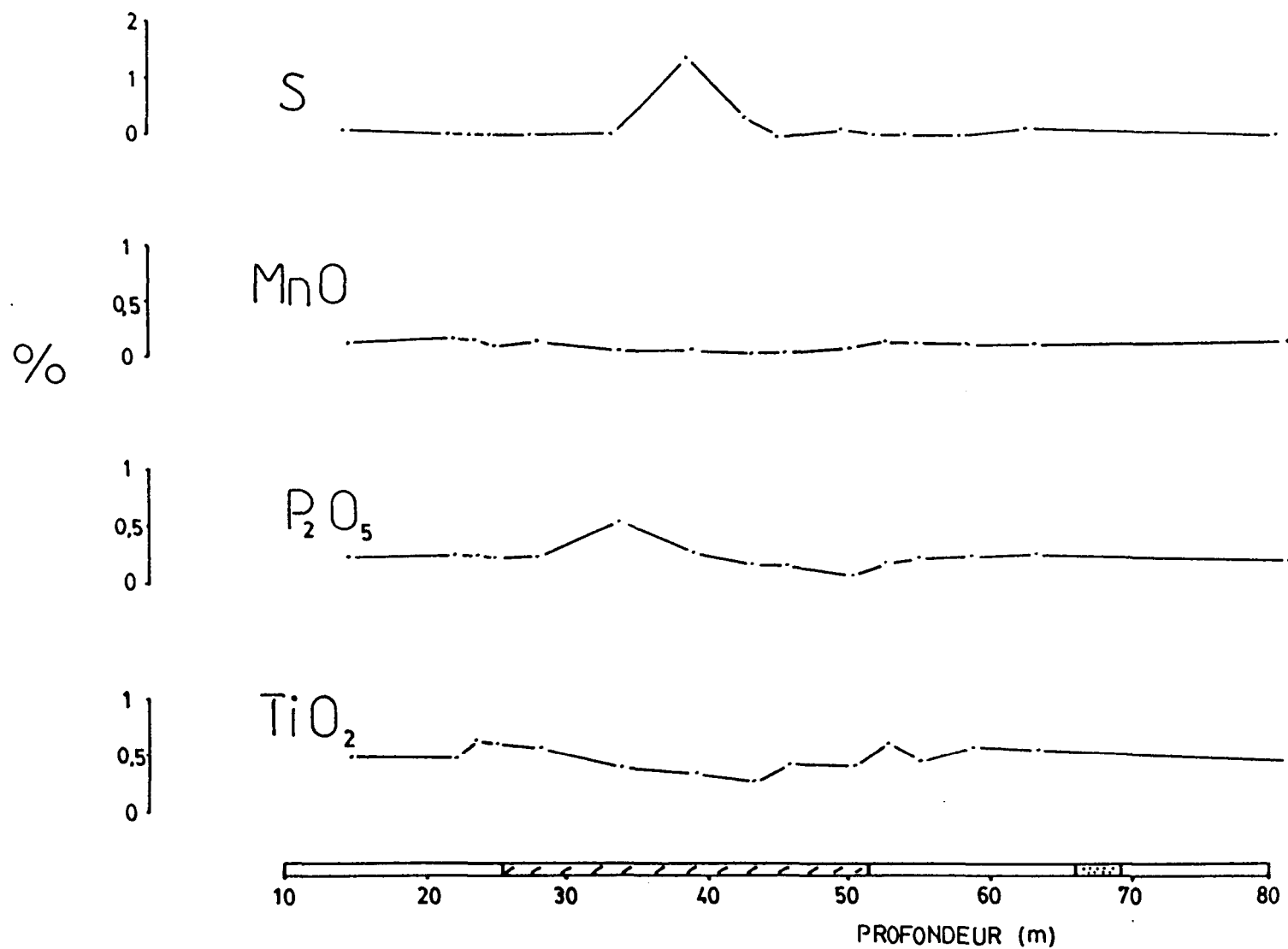




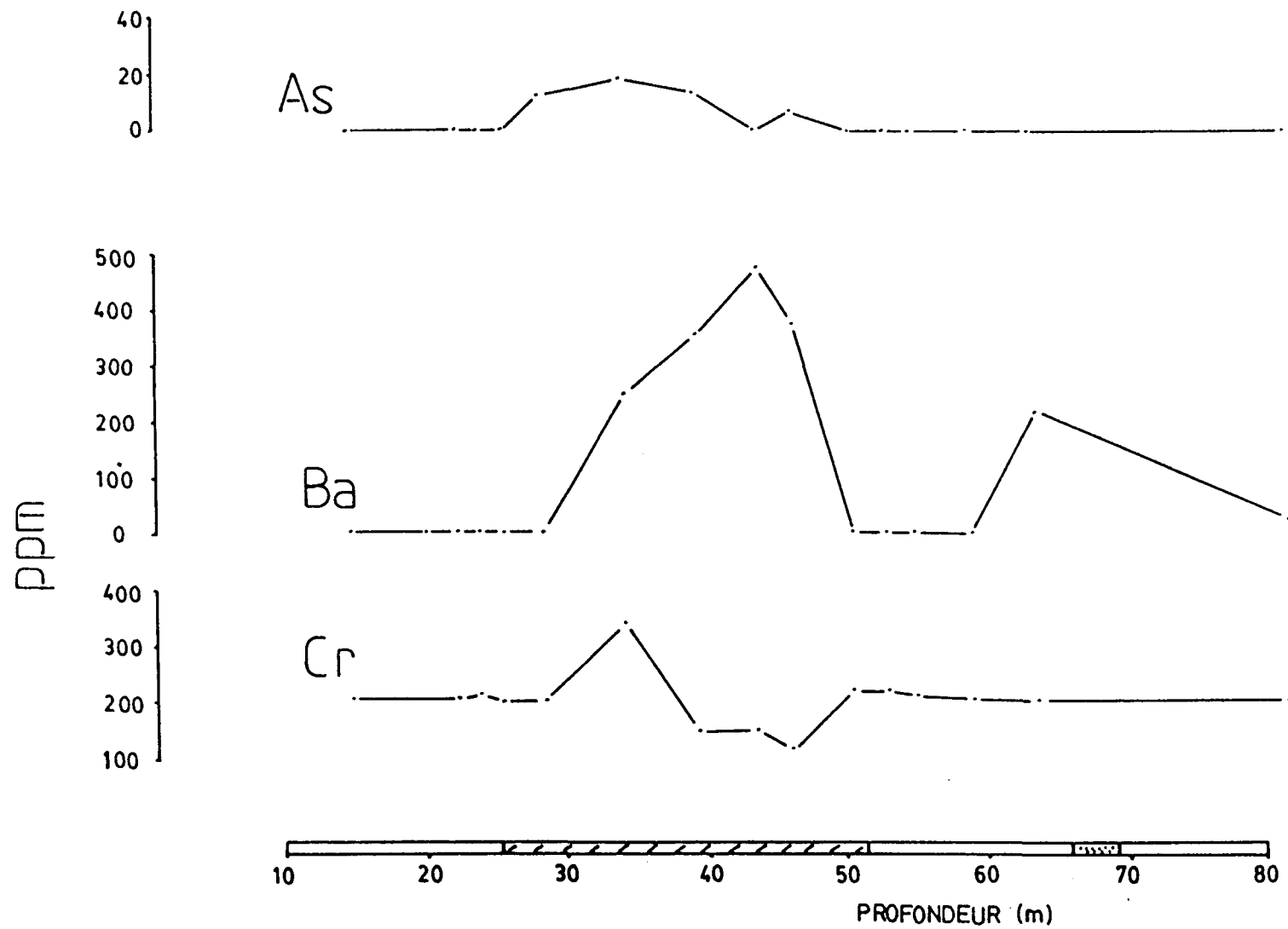
forage no.11



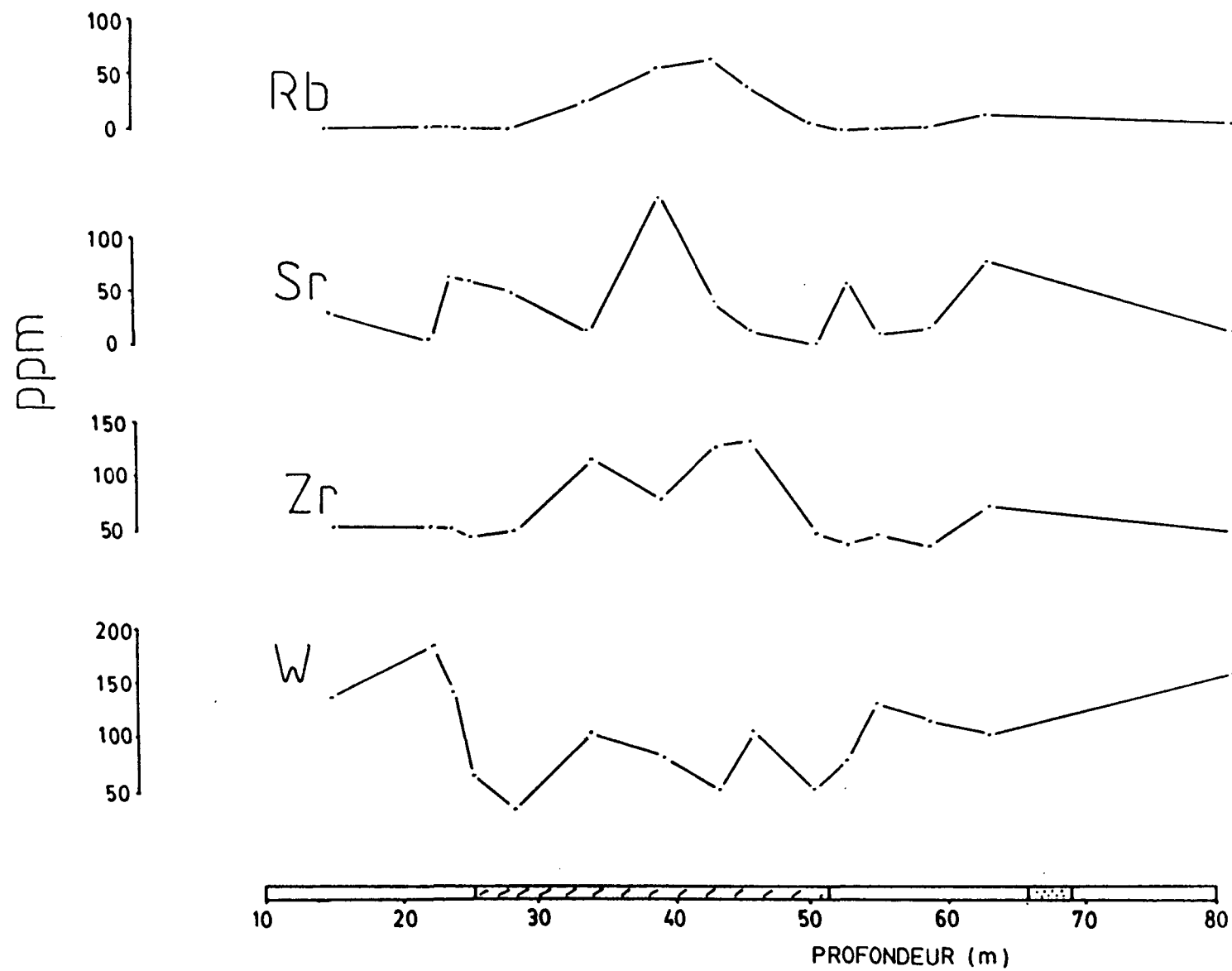
forage no.11



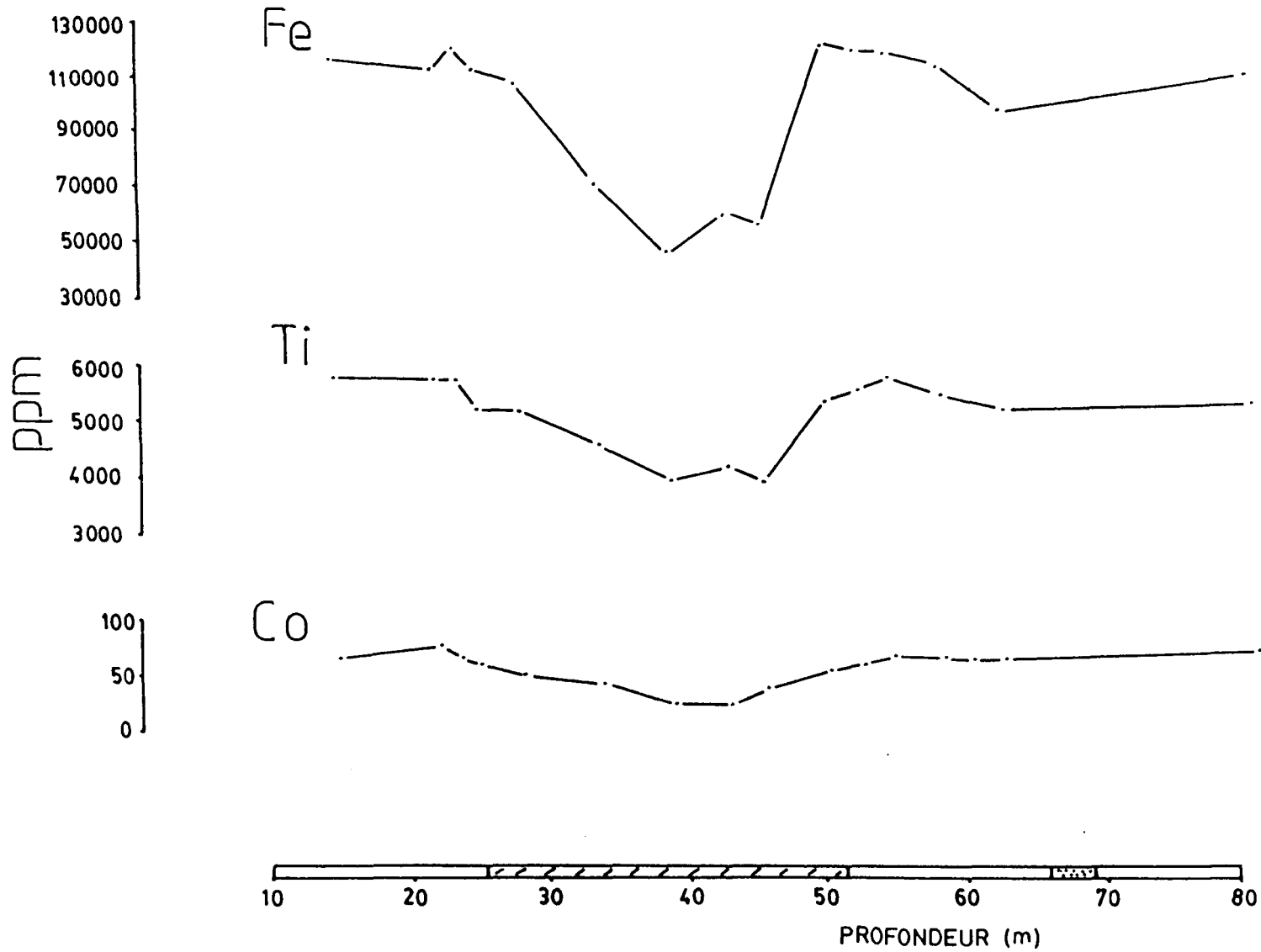
forage no.11



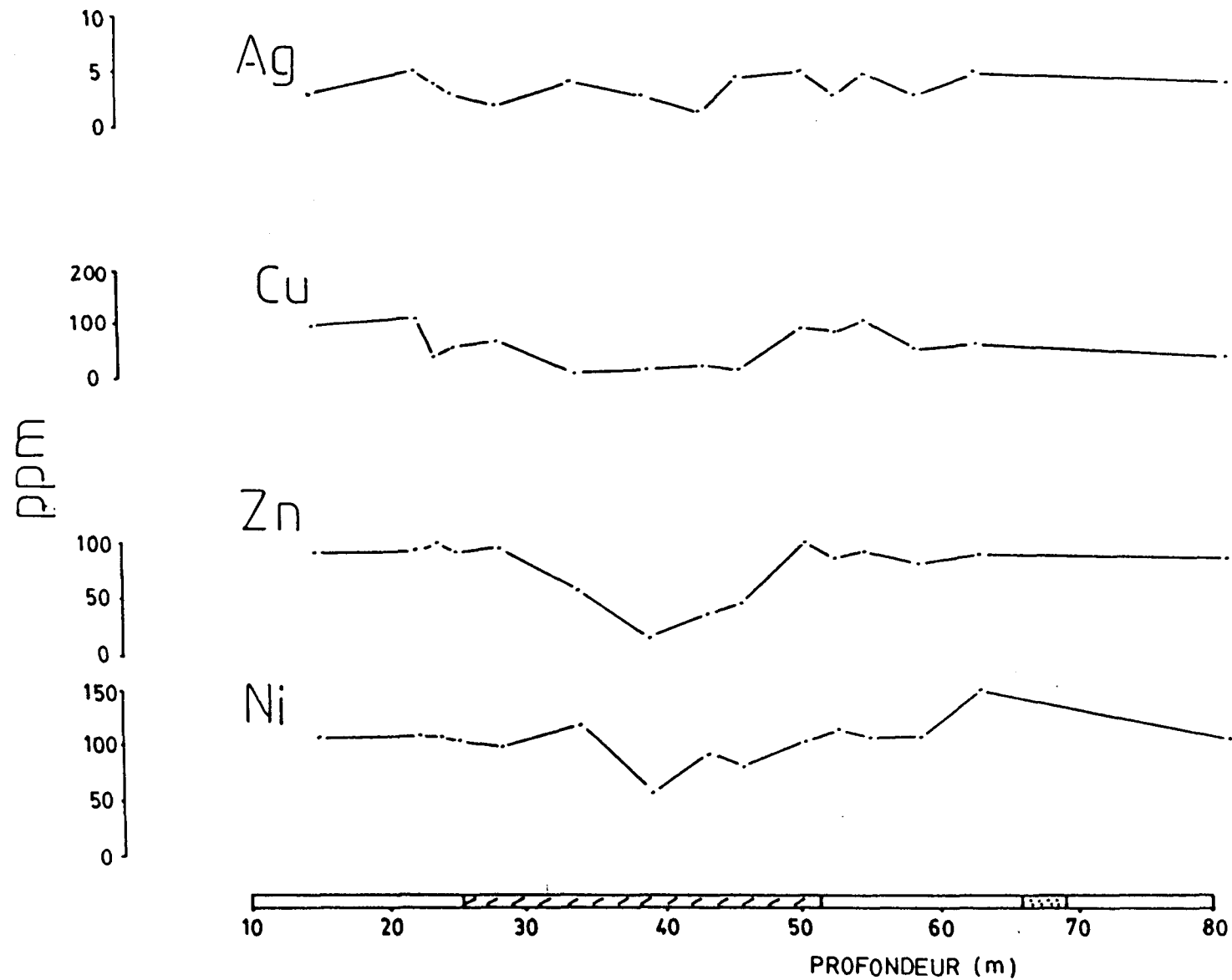
forage no.11



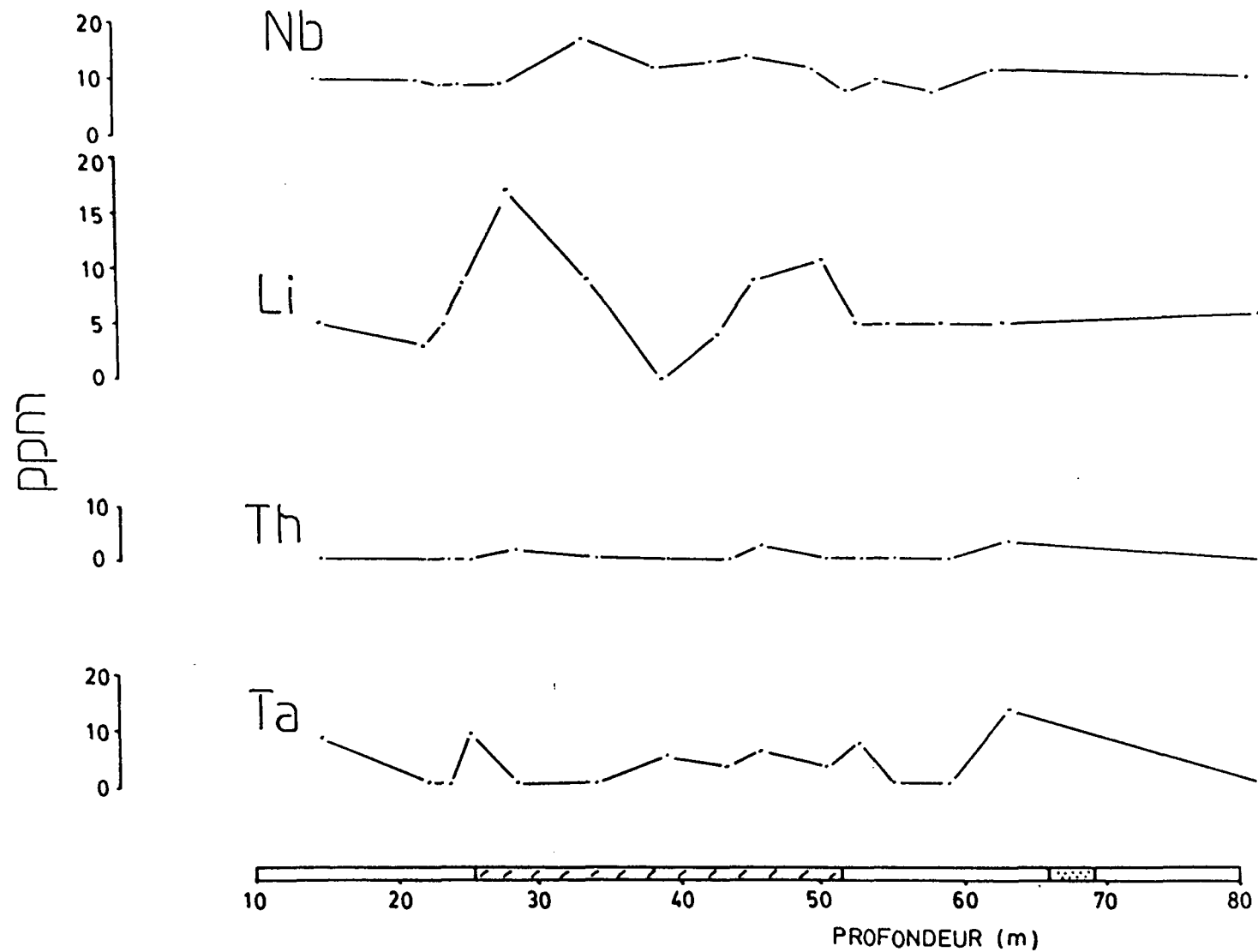
forage no.11



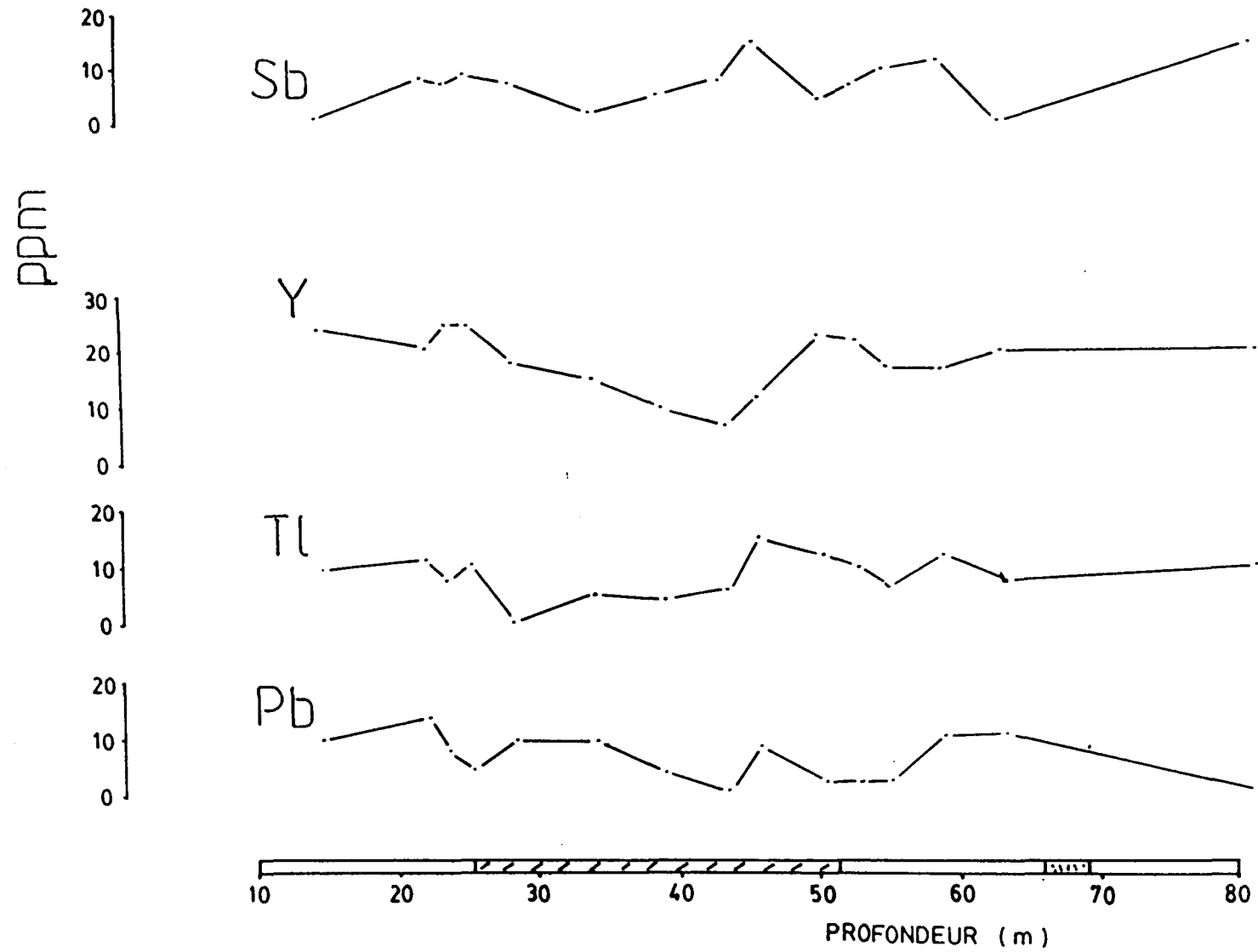
forage no.11



forage no.11



forage no.11



ANNEXE 2

RÉSULTATS GÉOCHIMIQUES

N.B. Les éléments majeurs sont en pourcentage (%) et les éléments traces en PPM, sauf pour l'or en PPB.

	8-18.4	8-24.8	8-42.3	8-48.5	8-54.5	8-57.5	8-63	8-75	8-80
SiO ₂	49.65	51.03	49.84	48.65	48.99	49.48	47.67	48.39	48.14
Al ₂ O ₃	15.46	15.38	15.63	15.28	14.61	15.62	15.06	14.63	14.75
Fe ₂ O ₃	4.52	3.86	4.00	3.32	3.64	3.56	3.59	4.43	3.37
Na ₂ O	0.95	1.56	1.97	1.27	1.47	1.35	0.92	0.76	1.05
K ₂ O	0.14	0.23	0.09	0.18	0.10	0.10	0.05	0.07	0.16
CaO	13.08	11.52	10.20	11.62	11.44	9.10	9.83	11.69	9.63
MgO	7.00	7.37	6.59	7.21	7.39	6.12	6.52	5.89	6.57
MnO	0.19	0.15	0.18	0.16	0.16	0.13	0.16	0.15	0.13
TiO ₂	0.65	0.49	0.60	0.49	0.49	0.48	0.58	0.63	0.46
FeO	7.46	7.11	7.89	7.95	7.99	7.87	7.61	6.76	7.98
P ₂ O ₅	0.27	0.30	0.20	0.25	0.26	0.18	0.21	0.22	0.20
S	0.17	0.02	0.10	0.03	0.04	0.07	0.03	0.09	0.09
CO ₂	0.49	0.44	0.38	0.79	0.70	1.17	4.23	1.82	3.57
H ₂ Ot	1.66	1.87	2.06	1.91	1.83	2.65	3.36	2.55	3.49
Total	101.69	101.33	99.73	99.11	99.11	97.88	99.82	98.08	99.59

	8-18.4	8-24.8	8-42.3	8-48.5	8-54.5	8-57.5	8-63	8-75	8-80
Au	< 1	< 1	2	1	< 1	3	6	3	2
Ag	2.8	3	4	3	4.5	4.9	3.1	3	3
As	< 3	< 3	< 3	< 3	3	< 3	< 3	< 3	< 3
Cu	140	30	116	91	117	99	106	91	38
Rb	9	8	11	11	9	7	8	7	8
Ba	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	12	< 10	< 10
Zr	54	54	51	53	54	54	51	48	42
W	220	151	161	131	134	96	69	120	77
Ti	5480	5400	5950	5730	5660	6200	5560	5750	5570
Cr	195	218	226	229	222	236	211	221	218
Fe	110000	110000	120000	121000	117000	123000	119000	112000	120000
Co	75	68	76	66	65	60	60	71	85
Ni	99	102	115	107	107	107	105	101	108
Zn	77	83	94	90	88	95	94	82	90
Se	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3

	8-18.4	8-24.8	8-42.3	8-48.5	8-54.5	8-57.5	8-63	8-75	8-80
Sr	104	120	188	137	126	158	139	222	172
Y	19	19	21	21	22	31	20	27	25
Nb	9	10	9	11	11	8	8	9	10
Mo	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Sn	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Sb	8	7	11	8	8	< 3	4	9	7
Ta	< 2	< 2	< 2	7	< 2	< 2	6	< 2	5
Tl	3	10	8	12	12	14	7	6	10
Pb	8	6	5	6	11	4	< 2	8	4
Bi	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3
Th	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	2
U	< 2	< 2	3	< 2	< 2	< 2	5	< 2	4
Li	3.8	5	7	4	4.5	6.9	9.2	5	8

	8-83.6	8-88.4	8-91.6	8-93.2	8-99.2	8-103.4	8-106.7	8-113.5	8-119.9
SiO ₂	48.78	43.87	42.83	65.34	38.48	46.99	52.55	51.23	50.59
Al ₂ O ₃	13.21	12.70	14.52	15.33	13.71	15.14	15.43	15.10	14.24
Fe ₂ O ₃	1.78	1.31	1.17	1.71	1.29	1.63	4.34	3.16	2.80
Na ₂ O	2.95	1.80	2.85	5.11	0.49	3.85	1.12	2.81	1.55
K ₂ O	0.49	1.65	2.63	1.51	2.52	0.06	0.14	0.10	0.19
CaO	6.95	8.27	9.95	2.85	11.90	7.90	11.08	12.38	11.72
MgO	7.10	7.00	6.11	2.21	6.62	5.45	5.22	6.42	9.04
MnO	0.08	0.11	0.09	0.04	0.12	0.12	0.15	0.16	0.18
TiO ₂	0.46	0.57	0.28	0.15	0.41	0.44	0.48	0.49	0.32
FeO	5.96	5.99	4.83	2.03	5.36	8.97	5.78	7.78	9.00
P ₂ O ₅	0.39	0.41	0.63	0.09	0.57	0.18	0.22	0.28	0.24
S	0.01	0.30	0.50	0.30	0.46	0.14	0.04	0.04	0.03
CO ₂	4.62	12.70	12.76	4.07	15.07	6.00	0.78	0.54	0.52
H ₂ Ot	3.50	1.28	1.35	0.43	1.76	3.26	2.35	1.38	1.90
Total	96.28	97.96	100.50	101.17	98.76	100.13	99.68	101.87	102.32

	8-83.6	8-88.4	8-91.6	8-93.2	8-99.2	8-103.4	8-106.7	8-113.5	8-119.9
Au	< 1	95	900	20	6	2	3	< 1	< 1
Ag	3	4	4	5	1.9	3	4	3.9	4
As	12	35	16	< 3	< 3	12	< 3	< 3	< 3
Cu	21	11	64	51	69	51	81	92	76
Rb	19	56	80	58	77	11	10	7	7
Ba	80	213	277	213	298	< 10	< 10	< 10	< 10
Zr	163	128	132	136	108	55	46	54	47
W	64	88	64	168	67	51	174	194	148
Ti	6090	5470	4310	3000	4380	6210	5850	5560	5040
Cr	556	506	56	57	51	233	230	209	204
Fe	81800	76700	66200	35700	67800	118000	104000	112000	121000
Co	46	43	34	34	36	52	66	76	65
Ni	151	134	83	38	100	96	108	97	110
Zn	85	68	49	31	51	96	78	80	93
Se	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3

	8-83.6	8-88.4	8-91.6	8-93.2	8-99.2	8-103.4	8-106.7	8-113.5	8-119.9
Sr	216	232	366	258	303	206	292	127	110
Y	26	22	23	11	21	20	22	25	18
Nb	20	18	12	14	11	8	11	6	11
Mo	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Sn	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	3	< 2	3	< 2
Sb	4	10	7	3	6	< 3	9	< 3	9
Ta	3	5	< 2	9	< 2	21	< 2	18	< 2
Tl	10	10	10	10	9	8	4	4	7
Pb	4	5	3	5	4	6	3	3	6
Bi	< 3	< 3	< 3	17	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3
Th	< 2	3	7	4	6	< 2	< 2	< 2	< 2
U	< 2	< 2	2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	5
Li	15	9	7	5	9.6	15	3	2.9	4

	11-14.3	11-21.7	11-23.3	11-24.7	11-28	11-33.9	11-38.9	11-43.4	11-45.5
SiO₂	49.15	49.24	48.04	47.22	44.05	42.03	39.39	51.10	57.22
Al₂O₃	15.60	15.05	14.74	13.71	13.19	14.23	13.67	16.40	16.33
Fe₂O₃	3.53	3.70	2.47	1.80	1.91	2.51	2.90	1.82	1.63
Na₂O	1.65	1.50	1.89	1.27	2.26	1.33	0.79	0.28	1.91
K₂O	0.21	0.17	0.14	0.09	0.09	2.27	3.29	4.52	2.38
CaO	12.58	12.54	11.19	8.77	11.38	9.74	13.67	6.71	6.02
MgO	6.62	6.30	6.76	5.75	5.92	6.95	3.02	3.82	3.75
MnO	0.15	0.19	0.21	0.13	0.17	0.11	0.11	0.08	0.07
TiO₂	0.49	0.49	0.65	0.62	0.59	0.42	0.38	0.29	0.45
FeO	7.59	7.70	8.31	8.11	8.52	5.61	2.84	4.53	3.84
P₂O₅	0.25	0.27	0.26	0.24	0.26	0.58	0.31	0.20	0.19
S	0.07	0.05	0.01	0.03	0.03	0.05	1.38	0.32	0.02
CO₂	0.44	0.70	0.90	5.94	9.04	13.94	16.71	9.80	5.48
H₂Ot	1.91	1.72	1.87	3.01	3.32	1.52	IND	1.35	2.63
Total	100.24	99.62	97.44	96.69	100.73	101.29	98.46	101.22	101.92

	11-14.3	11-21.7	11-23.3	11-24.7	11-28	11-33.9	11-38.9	11-43.4	11-45.5
Au	< 1	< 1	< 1	< 1	3	6	1500	61	< 1
Ag	2.9	5	3.9	2.9	1.9	4.1	2.9	1.5	4.6
As	< 3	< 3	< 3	< 3	13	19	14	< 3	7
Cu	99	117	41	63	69	12	19	27	20
Rb	7	9	9	7	12	59	101	115	79
Ba	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	250	359	477	381
Zr	54	53	53	47	50	117	80	129	133
W	138	185	143	69	46	107	83	58	109
Ti	5750	5720	5690	5190	5160	4550	3930	4150	3890
Cr	211	211	217	213	207	345	151	155	121
Fe	117000	114000	119000	114000	107000	71300	43400	60200	56000
Co	66	77	65	61	49	43	26	24	39
Ni	107	108	107	104	100	118	58	93	82
Zn	90	92	98	91	94	57	19	35	46
Se	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3

	11-14.3	11-21.7	11.23.3	11-24.7	11-28	11-33.9	11-38.9	11-43.4	11-45.5
Sr	119	136	136	120	123	224	187	144	199
Y	24	21	24	24	18	15	10	7	12
Nb	10	10	9	9	9	17	12	13	14
Mo	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Sn	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Sb	< 3	9	8	10	8	3	6	9	16
Ta	9	< 2	< 2	10	< 2	< 2	6	4	7
Tl	9	12	8	11	< 2	6	4	7	16
Pb	10	14	8	5	10	10	4	< 2	9
Bi	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3
Th	< 2	< 2	< 2	< 2	2	< 2	< 2	< 2	3
U	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	2	< 2
Li	4.9	3	4.9	8.8	17	9.1	-	4	9.1

	11-50.2	11-52.5	11-54.9	11-58.7	11-63.1	11-80.8	7-114
SiO ₂	43.14	49.63	49.47	49.07	51.18	49.95	49.45
Al ₂ O ₃	13.36	13.21	15.34	15.45	14.68	14.71	15.46
Fe ₂ O ₃	1.63	4.29	3.66	3.75	3.31	2.84	2.38
Na ₂ O	2.36	1.99	1.15	1.44	2.06	1.57	1.66
K ₂ O	0.06	0.10	0.16	0.13	0.79	0.26	0.26
CaO	8.25	10.16	10.59	15.56	9.95	12.23	11.62
MgO	6.94	7.16	7.08	6.15	8.71	7.51	7.17
MnO	0.13	0.17	0.16	0.17	0.16	0.18	0.15
TiO ₂	0.44	0.65	0.49	0.63	.60	0.49	0.48
FeO	9.34	7.50	7.45	7.44	6.88	8.44	8.30
P ₂ O ₅	0.12	0.22	0.26	0.28	0.32	0.25	0.23
S	0.12	0.06	0.07	0.04	0.17	0.04	0.08
CO ₂	5.92	1.21	0.61	1.58	0.51	0.72	0.33
H ₂ Ot	3.51	2.66	2.31	2.18	1.47	1.13	1.35
Total	95.32	99.01	98.8	100.87	100.84	100.32	98.92

	11-50.2	11-52.5	11-54.9	11-58.7	11-63.1	11-80.8	7-114
Au	3	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Ag	5.1	3	4.9	3	4.9	4	3
As	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3
Cu	98	94	117	61	70	46	127
Rb	9	6	10	10	32	13	11
Ba	< 10	< 10	< 10	< 10	222	32	< 10
Zr	50	42	49	38	74	53	54
W	59	86	135	120	111	166	211
Ti	5340	5530	5760	5410	5160	5260	5510
Cr	223	221	215	211	204	206	222
Fe	122000	119000	119000	115000	97400	111000	116000
Co	56	60	67	66	65	75	78
Ni	104	114	107	107	150	101	102
Zn	99	85	93	82	90	81	84
Se	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3

	11-50.2	11-52.5	11-54.9	11-58.7	11-63.1	11-80.8	7-114
Sr	153	310	209	348	253	101	124
Y	23	22	17	17	20	20	23
Nb	12	8	10	8	12	11	11
Mo	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Sn	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Sb	6	8	11	13	< 3	16	< 3
Ta	4	8	< 2	< 2	14	< 2	5
Tl	13	11	7	13	9	11	10
Pb	3	3	3	11	11	< 2	4
Bi	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3
Th	< 2	< 2	< 2	< 2	4	< 2	< 2
U	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Li	11	4.9	4.9	5	4.9	6	5