

MB 85-62

INCIDENCE DE LA TECTONIQUE HUDSONIENNE SUR LA MINERALISATION DE CU-NI DU LAC AULNEAU -
FOSSE DU LABRADOR

Documents complémentaires

Additional Files



Licence



License

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

Énergie et Ressources
naturelles

Québec 



SÉRIE DES MANUSCRITS BRUTS

Incidence de la tectonique hudsonienne sur la minéralisation de Cu – Ni du lac Aulneau – Fosse du Labrador –

Sylvain Lacroix

Ce document est une reproduction fidèle du manuscrit tel que soumis par l'auteur sauf pour une mise en page sommaire destinée à assurer une qualité convenable de reproduction.

TABLE DES MATIÈRES

	PAGES
INTRODUCTION.....	1
Localisation géographique.....	1
Nature du projet.....	1
Nature et but du rapport.....	2
Résumé de nos travaux antérieurs.....	2
GÉOLOGIE GÉNÉRALE.....	4
Contexte régional.....	4
Contexte local.....	4
GÉOLOGIE STRUCTURALE.....	7
Épisodes tectoniques.....	7
Tufs à lapillis: macrofabrique.....	9
- DESCRIPTION LITHOLOGIQUE.....	9
- ÉCHANTILLONNAGE DES MESURES.....	10
- FORME DES LAPILLIS.....	10
- ORIENTATIONS DES LAPILLIS.....	13
GÉOLOGIE ÉCONOMIQUE.....	15
Travaux antérieurs.....	15
Minéralisation à la surface.....	16
Zones minéralisées.....	22

III

TABLE DES MATIÈRES (suite)

	PAGES
- ZONE FLOAT (incluant la composition minéralogique de la minéralisation et les roches encaissantes)	23
- ZONE LEPAGE	27
- ZONALITÉS, STRUCTURES ET TEXTURES	37
SYNTHÈSE TECTONIQUE	44
Épisode tectonique principal	45
- ÉVÉNEMENT PLICATIF	45
- Déformation des lapillis	45
- Déformation des filons-couches gabbroïques	46
- Mécanisme de déformation	46
- Orientation de la déformation	48
- Déformation de la minéralisation	49
- ÉVÉNEMENT CASSANT	51
- Déformation des lithologies silicatées	51
- Mécanisme de déformation	53
- Déformation de la minéralisation	54
- REMOBILISATION DE LA MINÉRALISATION	55
Épisode tectonique tardif	57
Épisode tectonique final	58
CONCLUSION	60
RÉFÉRENCES	62

FIGURES

	PAGES
1. Localisation du secteur du lac Aulneau dans le circum-Ungava	3
2. Localisation des 7 zones minéralisées en Cu-Ni	6
3. Des passages de tufs et de tufs à lapillis à la surface de la zone Redcliff montrent les orientations respectives de S_0 (stratification) et de S_1 , S_2 (schistosités)	17
4. Projection stéréographique équiangle montrant la relation entre le grand axe (X) des lapillis et l'intersection des deux schisto- sités à la zone Redcliff	17
5. Carte géologique détaillée des affleurements à la surface de la zone Redcliff	18
6. Séquence de remplacement graduel de la minéralisation primaire par la minéralisation secondaire à la surface de la zone Redcliff	20
7. Zone Float-coupe géologique	25
8. Zone Float-coupe géologique	26
9. Distribution des forages et des coupes géologiques à la surface de la zone Lepage	29
10. Zone Lepage-coupe géologique 1	30
11. Zone Lepage-coupe géologique 2	30
12. Zone Lepage-coupe géologique 3	31
13. Zone Lepage-coupe géologique 4	31

14. Zone Lepage-coupe géologique 5	32
15. Zone Lepage-coupe géologique 6	32
16. Zone Lepage-coupe géologique 7	33
17. Zone Lepage-coupe géologique 8	33
18. Zone Lepage-coupe géologique A	34
19. Zone Lepage-coupe géologique B	34
20. Zone Lepage-coupe géologique C	35
21. Zone Lepage-coupe géologique D	35
22. Morphologie tridimensionnelle schématique de la zone Lepage	38
23. Représentation schématique des relations entre les formes et orientations des zones minéralisées et les axes principaux (XYZ) de la déformation hudsonienne dans la région du lac Aulneau	38
24. Représentation schématique de la zonalité symétrique des faciès de minéralisation dans une zone minéralisée	39
25. Rubannement centimétrique de la pyrrhotine et de la chalcopyrite .	42
26. Texture mégascopique du fluage des sulfures secondaires par rapport aux silicates	42
27. Filonnets microboudinés de sulfures dans la schistosité S_1	43
28. Brèche sulfurée composée de pyrrhotine-quartz-ankérite-chlorite ..	43
29. Lapillis intensément allongés dans la schistosité S_2 ; quelques lapillis présentent des veines de tension perpendiculaires à la direction de l'allongement principal	47

	PAGES
30. Projection stéréographique équiangle montrant les relations entre l'orientation de la schistosité S_1 et celles des axes X et Y des zones minéralisées et des axes des lapillis	52
31. Diagramme de Flinn montrant les positions respectives des lapillis des deux secteurs et celles de quatre zones minéralisées en fonction de leurs rapports X/Y et Y/Z	53

TABLEAUX

1. Dimensions et orientations des lapillis déformés dans la vallée Aulneau-Redcliff	11
2. Caractéristiques principales des deux faciès de minéralisation ...	15
3. Caractéristiques (composition et encaissant) de la minéralisation de la zone Nine South	21
4. Dimensions maximums X, Y et Z et les rapports entre celles-ci pour la zone Float	24
5. Dimensions en X et Z de la zone Lepage mesurées dans les coupes des figures 10 à 17	28
6. Dimensions en Y et Z de la zone Lepage mesurées dans les coupes des figures 18 à 21	28

	PAGES
7. Dimensions maximums X, Y et Z et les rapports entre celles-ci pour la zone Lepage	36
8. Séquence des déformations de la minéralisation associées aux différents épisodes tectoniques de l'orogénie hudsonnienne dans la région du lac Aulneau	59

INTRODUCTION

Localisation géographique

La région du lac Aulneau est située dans la fosse du Labrador, à environ 275km au NNO de Shefferville (figure 1). Sur les feuilles SNRC 24C/15, 24C/16 et 24F/2, elle se présente dans un rectangle délimité par les latitudes $56^{\circ}53'N$ et $57^{\circ}N$ et les longitudes $68^{\circ}26'W$ et $68^{\circ}36'W$.

Nature du projet

L'origine de la minéralisation du Cu-Ni (Zn-Co-Au) du lac Aulneau est controversée (ségrégation magmatique vs épisode hydrothermal). Notre étude consiste en une étude géologique et vise à préciser le(s) mode(s) de formation et de déformation de la minéralisation. Les résultats serviront de base à une thèse de maîtrise à l'École Polytechnique de Montréal. Afin de réaliser l'objectif fixé, nos travaux, qui se sont étendus sur les étés 1983 et 1984, ont consisté en une cartographie détaillée des affleurements minéralisés, en une réalisation de coupes géologiques et de colonnes stratigraphiques à l'aide des forages de la compagnie Hollinger North Shore (HNS) ainsi qu'en une étude minéragraphique et pétrographique de la minéralisation et de sa roche encaissante (Lacroix, 1984).

- Des minéralisations hydrothermales secondaires tardives dans le filon-couche gabbroïque et dans les épontes. Ces minéralisations comprennent des veines sulfurées recoupant des tufs, des sulfures secondaires remplaçant des sulfures magmatiques dans le filon-couche gabbroïque et des veines sulfurées de quartz-carbonate. Les fluides minéralisateurs étaient probablement d'origine métamorphique et ont été véhiculés le long de zones de faille et de cisaillement.

Le métamorphisme dynamique et la tectonique ont eu des effets majeurs sur la forme et les textures des gîtes.

Nature et but du rapport

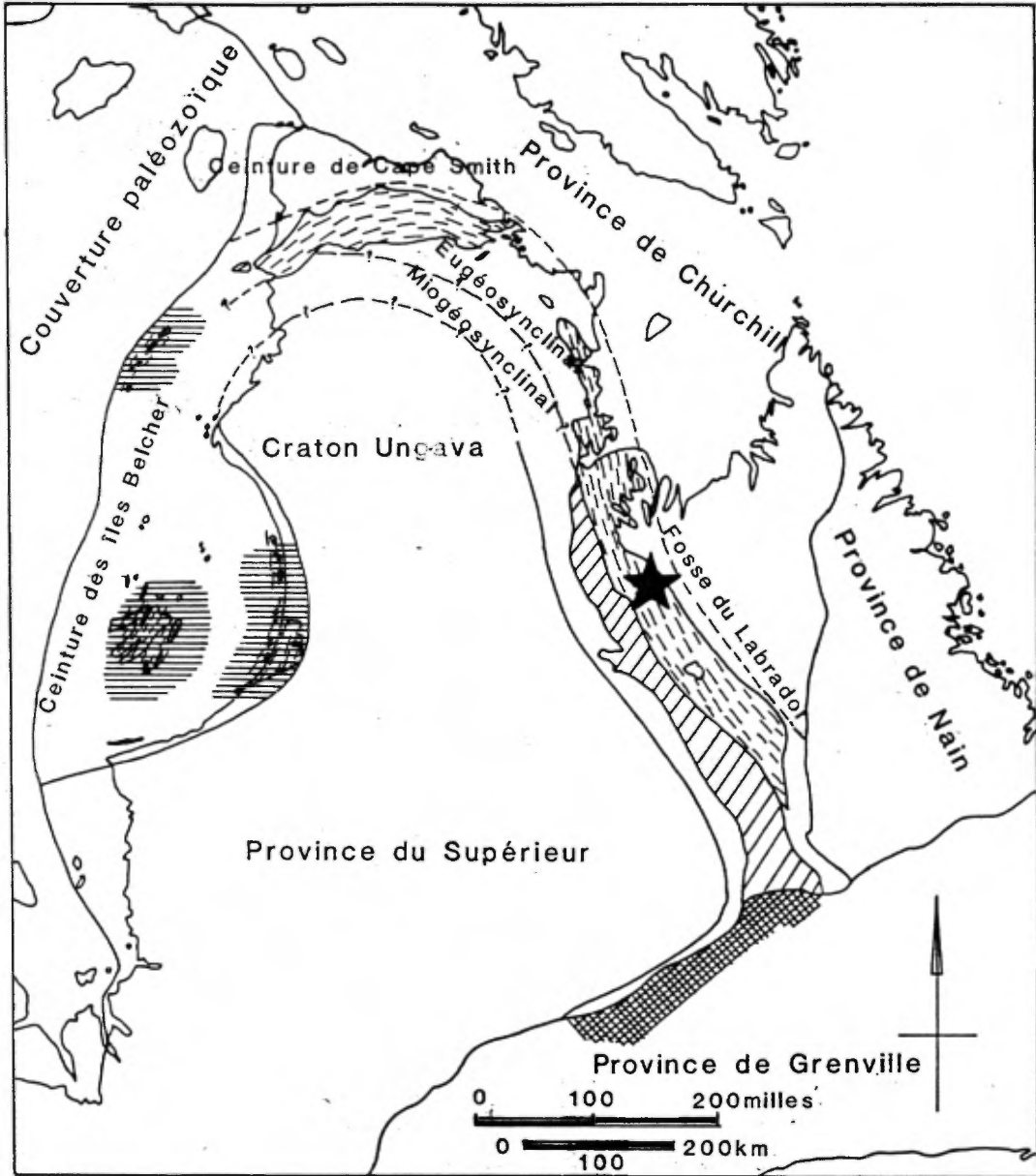
Ce rapport contient la description et l'interprétation de nos travaux de l'été 1984. Nous y présentons une étude structurale de la vallée Aulneau-Redcliff basée notamment sur plusieurs mesures (dimensions et orientations) de lapillis déformés. La section Géologie Économique présente d'abord l'affleurement de la troisième zone minéralisée (Redcliff) affleurant à la surface. Nous décrivons ensuite la morphologie et l'orientation des zones minéralisées ainsi que les nombreuses textures tectoniques observées. Ce rapport, qui sera suivi d'une publication plus globale, vise essentiellement à préciser les relations entre la minéralisation et la déformation orogénique hudsonnienne.

Résumé de nos travaux antérieurs

Tel que nous l'avons décrit précédemment (Lacroix, 1984), notre secteur renferme deux types principaux de minéralisations:

- des minéralisations magmatiques primaires de Cu-Ni dans un seul filon-couche de Gabbro possédant un faciès ultramafique (pyroxénite-amphibolite) et un faciès gloméroporphyrique. Nous connaissons six zones minéralisés le long de la vallée Aulneau-Redcliff.











-  Roches volcaniques mafiques aphébiennes
-  Sédiments aphébiens
-  Sédiments et roches volcaniques aphébiennes
-  Localisation du secteur étudié
-  Gneiss et granites
-  Sédiments aphébiens métamorphisés durant l'orogénèse grenvillienne

FIGURE 1 - Localisation du secteur du lac Aulneau dans le géosynclinal circum-Ungava (Carte adaptée de Stockwell, 1965).

GÉOLOGIE GÉNÉRALE

Contexte régional

La fosse du Labrador consiste en une succession de roches sédimentaires, volcaniques et intrusives aphébiennes formant le Super-groupe de Kaniapiskau (Dimroth, 1970). Le bassin de la fosse a été interprété comme un rift embryonnaire (Wardle & Bailey, 1981). Une zonalité intérieure du bassin est visible à la figure 1: le miogéosynclinal à l'ouest se compose en grande partie de roches sédimentaires alors que l'eugéosynclinal à l'est se caractérise par sa forte composante en roches ignées essentiellement mafiques. Le secteur du lac Aulneau est situé à l'intérieur de l'eugéosynclinal.

Toutes les roches de la fosse furent déformées et métamorphisées lors de l'orogénie hudsonnienne (1755 Ma selon Stockwell, 1982) marquée par la collision continentale du Supérieur et du Churchill (Baragar & Scoates, 1981). L'intensité de la déformation et le degré de métamorphisme augmentent généralement dans la fosse de l'ouest vers l'est (Dimroth, 1978; Dressler, 1979).

Contexte local

Les roches du secteur étudié se composent essentiellement de gabbro, de tuf et tuf à lapillis, d'argilite et d'une formation de fer (figure 2).

Selon Dressler (1979), elles appartiennent toutes à la Formation de Murdoch, à l'exception des roches intrusives placées dans le Groupe de Montagnais. D'autres corrélations sont cependant possibles, telles la formation de fer et les argilites avoisinantes avec la Formation de Baby.

Les travaux détaillés de la compagnie HNS leur ont permis de préciser que le sous-sol de la vallée Aulneau-Redcliff se compose d'une interstratification serrée d'andésites et/ou de basaltes massifs et à coussins, de tufs massifs et finement lités, de tufs à lapillis, d'agglomérats, de métasédiments argileux, ferrugineux et graphitiques et d'un peu de dolomie. Plusieurs filons-couches de gabbro à faciès pyroxénitique (d'une puissance inférieure à 100 m) se sont introduits tout le long de la vallée; ce gabbro diffère nettement du gabbro d'étendue régionale rencontré de part et d'autre de la vallée. De grosses masses intrusives d'amphibolites (roches ultramafiques intensément altérées) ont été introduites à la bordure nord-est de la vallée entre les zones Marymac 2 et Lepage. Le degré de métamorphisme du secteur étudié se situe dans le faciès des schistes verts. Dressler (1979) fait passer un isograde séparant les subdivisions chlorite-stilpnomélane et chlorite-(stilpnomélane)-biotite par le lac Aulneau.

Remarque: Le terme "andésite" est utilisée dans ce rapport afin de conserver la nomenclature des journaux de forage de la compagnie HNS. Nos observations pétrographiques de ces coulées nous indiquent que celles-ci sont probablement toutes des coulées basaltiques.

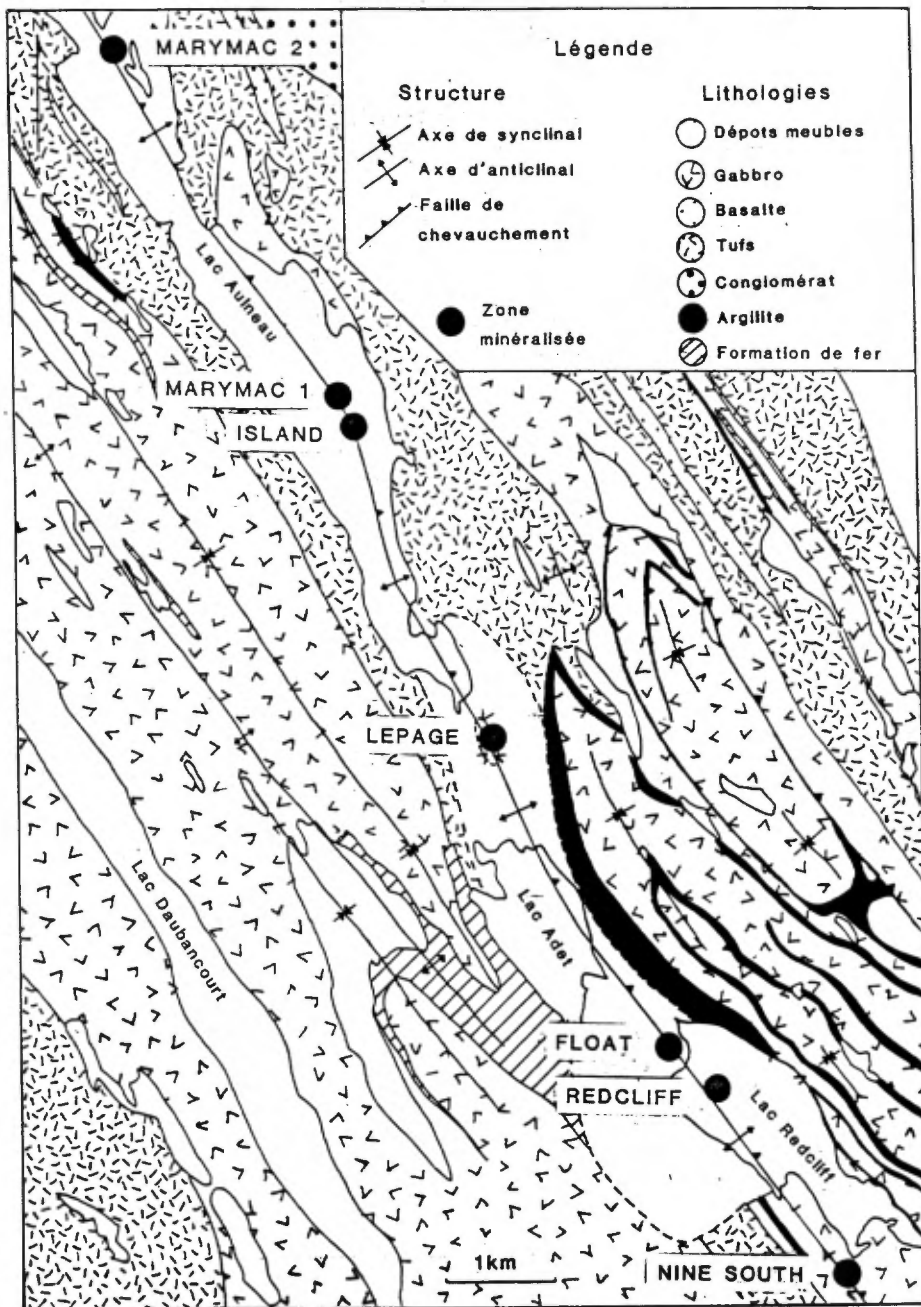


FIGURE 2 - Localisation des 7 zones minéralisées en Cu-Ni (Carte géologique modifiée de Dressler, 1979)

GÉOLOGIE STRUCTURALE

Épisodes tectoniques

Les épisodes tectoniques décrits ici s'inspirent principalement de l'étude de Fournier (1983). L'épisode tectonique nommé P_1 et qui est l'épisode tectonique prédominant de la fosse du Labrador correspond à l'épisode tectonique P_3 de la région du lac Gérido (Normand Goulet; communication personnelle). Il est possible que des épisodes tectoniques antérieurs à cette phase tectonique n'ont pas été notés dans le secteur du lac Aulneau; ceci nous est indiqué possiblement par l'ondulation des axes de pli P_1 qui plongent jusqu'à 20° vers le nord et vers le sud. Une phase tectonique antérieure à P_1 dont les axes de pli seraient d'orientation est-ouest auraient pu former initialement des plis très ouverts; la surimposition orthogonale de la phase tectonique P_1 pourrait être à l'origine du patron polyphasé en forme de canot (dôme et bassin très allongé) visible dans les gabbros et formations de fer à l'ouest de la vallée.

Une seconde hypothèse pour ce patron en canot et l'ondulation des axes de pli P_1 se veut une phase tectonique P_1 décomposable en mécanisme de flexion suivi d'un aplatissement; cette succession de mécanisme peut former des plis non-cylindroïdes monophasés donnant un patron semblable à un patron polyphasé en canot. Dans l'état actuel de nos connaissances de la structure

de la région, nous ne pouvons confirmer ou infirmer la validité d'une hypothèse ou de l'autre, ou de la surimposition possible des deux.

L'épisode tectonique principal (P_1) est caractérisé par des plis serrés à isoclinaux, dont l'axe de pli est de direction N270 à N330, et déversés vers le S-O. Une schistosité S_1 de même orientation est associée à cet épisode; des failles de chevauchement qui décrochent les flancs inverses des anticlinaux accompagnent les plis (Fournier, 1983). La vallée Aulneau-Redcliff est le site d'un anticlinal isocliné dont la charnière est maintenant érodée. Le seul axe de pli noté dans le sud de la vallée plonge de 17° vers N135; les synclinaux rencontrés dans le nord de la vallée dont les strates sont stratigraphiquement sus jacents aux lithologies de la vallée plongent de 20° vers N355.

Un second épisode tectonique (P_2) a déformé les structures reliées au premier épisode. Ainsi, les axes de pli P_1 et la schistosité S_1 sont ondulés dans un plan horizontal à une échelle kilométrique dans la vallée. Des zones cisailées (direction N260 à N300; pendage de 50° à 70° vers le N-E) sont rencontrées de façon espacée dans la vallée; ces zones montrent un clivage de crénulation (schistosité S_2) qui déplace la schistosité principale. Dans les forages, des veines sigmoïdes et des passages cisailés (jusqu'aux schistes à chlorite) ont été rencontrées.

Fournier (1983) a noté quatre failles tardives verticales d'orientation N30 à N60 dans la région. Nous appuyons son commentaire à l'effet que celles-ci rendent peu compte de l'activité tardive de ce secteur. Dans les forages, des veines de tension recouperont à l'occasion les deux schistosités.

Tuf à lapillis: macrofabrique

- DESCRIPTION LITHOLOGIQUE

Des roches pyroclastiques composent une bonne partie du sous-sol de la vallée Aulneau-Redcliff; ils ont été rencontrés à la surface et dans les forages de la compagnie HNS. Les roches pyroclastiques les plus souvent rencontrées sont les tufs à lapillis. Ils se composent de fragments felsiques à intermédiaires dans une matrice mafique aphanitique. Les fragments sont verts pâles, gris ou blanchâtres alors que la matrice est verdâtre, parfois grisâtre. La matrice se compose de chlorite, quartz, séricite et amphibole. Certains fragments sont vésiculaires et se composent d'une mosaïque de quartz équi-granulaires. Leur origine n'a pas été résolue alors qu'aucune coulée volcanique felsique n'est connue dans cette région (Avison, 1980).

Les fragments sont habituellement déformés alors que le rapport longueur/largeur varie de 2 à 5. Suite à la suggestion d'Avison (1980), nous avons entrepris un échantillonnage détaillé de ces mesures de la déformation afin de

préciser la structure dans la vallée et sa relation avec les zones minéralisées.

- ÉCHANTILLONNAGE DES MESURES

Nous avons relevé les mesures des dimensions et orientations de lapillis déformés dans deux secteurs où les tufs à lapillis affleurent particulièrement bien. Le premier secteur est situé à proximité de la zone la plus au nord (Marymac 2) alors que le second secteur inclut tous les affleurements au S-O des zones Redcliff et Nine South. Nous avons relevé les mesures d'une trentaine de lapillis dans le premier secteur et de plus de cinquante lapillis dans le second secteur.

- FORMES DES LAPILLIS

Dans ce rapport, les trois axes principaux des lapillis sont nommés X, Y et Z où $X > Y > Z$. Les lapillis sont allongés et aplatis; ils ont la forme de cigares à section elliptique. Les dimensions des lapillis varient de 10 à 70 cm selon X, de 5 à 20 cm selon Y et de 2 à 40 mm selon Z. Les rapports unitaires moyens X, Y et Z ainsi que les rapports moyens X/Y, X/Z et Y/Z sont inscrits pour les deux secteurs dans le tableau 1.

Les lapillis représentent une tectonite SL, soit une déformation intermédiaire entre les types galettes (S) et cigares (L). La majorité des lapillis

rencontrés dans la vallée (affleurements et forages) ont une forme similaire à ceux du second secteur (Tableau 1). Ils représentent une tectonite SL, c'est-à-dire qu'ils ont subi principalement un aplatissement ($X/Y < Y/Z$). Les lapillis mesurés près de la zone Marymac 2 (premier secteur) diffèrent des autres lapillis de la vallée avec une tectonite SL, c'est-à-dire qu'ils ont subi une constriction ($X/Y > Y/Z$). Sur le terrain, ils ont un axe X nettement plus grand (par rapport aux axes Y et Z) que les autres lapillis de la vallée. Tous les lapillis des deux secteurs montrent une symétrie orthorhombique. Ils montrent également un écart semblable à la sphéricité originale ($X/Y + Y/Z + 1$), c'est-à-dire de 5,7 et de 5,3 pour le premier et le second secteur (Park, 1983). Il est assumé que la sphéricité des lapillis au moment de leur déposition ne variaient pas dans le tuf.

TABLEAU 1- Dimensions et orientations des lapillis déformés dans la vallée (Aulneau-Redcliff.)

SECTEURS	ORIENTATIONS		DIMENSIONS					
	AXES X	AXES Y	AXES			RAPPORTS		
	(direction & plongée)	(direction)	X	Y	Z	X/Y	X/Z	Y/Z
1 ^{er}	070°/44°	342°	10	23	1	4,4	10	2,3
2 ^e	050°/44°	317°	9	4,2	1	2,1	9	4,2

La similarité de la symétrie et de l'écart à la sphéricité originale dans les deux secteurs nous laisse croire que la déformation a été causée par les mêmes contraintes mais que l'expression de celle-ci diffère légèrement à la zone Marymac 2 pour des raisons locales. Flinn (1956) a déjà invoqué dans un cas semblable que si les masses de roches adjacentes ne sont pas déformées autant qu'un conglomérat (contenant des cailloux déformés), un mouvement aura tendance à se développer aux contacts du conglomérat. Il mentionne alors que la friction qui restreint le mouvement aux contacts du conglomérat peut faire en sorte que les cailloux ne peuvent qu'être aplatis.

Dans notre cas, il est possible que ce mécanisme a joué dans la partie sud de la vallée (zones Marymac 1 à Nine South). Dans le nord de la vallée (zones Marymac 1 et 2), les argilites composent la plus grande partie de l'épaisseur stratigraphique par rapport aux andésites et roches pyroclastiques du sud de la vallée. Il est alors possible que la plus grande aisance des argilites à être déformées a permis un allongement plus marqué des lapillis selon l'axe X dans le secteur nord. Dans le sud de la vallée, la plus grande compétence des roches adjacentes par rapport aux tufs à lapillis a pu faire en sorte que les lapillis ont été préférentiellement aplatis.

Si l'hypothèse des plis non-cylindriques est valable dans la région, alors le secteur nord (zone Marymac 2) de la vallée Aulneau-Redcliff représente une zone de culmination du plissement associé à la phase tectonique P_1 . La plongée vers le sud des axes de pli P_1 entre les zones Redcliff et

Nine South et celle vers le nord des axes de pli P_1 à 5 km au nord de la zone Marymac 2 appuie également l'hypothèse d'une zone de culmination dans la vallée Aulneau-Redcliff. Le manque d'affleurement dans la vallée nous a empêché de trouver des lapillis déformés en galettes au nord de la zone Marymac 2.

L'intensité de la déformation à l'extérieur de la vallée Aulneau-Redcliff n'a pu être précisée avec certitude. Quelques tufs à lapillis retrouvés localement au nord-est de la vallée expriment cependant une déformation moins intense. Il est probable que les contraintes exprimées sur les lithologies incompetentes de la vallée et qui a résulté en un plissement isoclinal a déformé de façon moins intense les lithologies plus compétentes plissées de façon serrée de part et d'autre de la vallée.

- ORIENTATIONS DES LAPILLIS

L'axe long (X) des lapillis a constamment été mesuré dans le sens du pendage de la schistosité S_1 alors que l'axe intermédiaire (Y) a toujours été mesuré de façon horizontale. Les orientations moyennes (direction & plongée) des axes X et Y sont indiquées pour les deux secteurs au tableau 1. Le plan qui contient les axes X et Y est parallèle à la schistosité S_1 ; l'axe Z est normal à ce plan.

Nous avons montré que les lapillis ont été raccourcis selon l'axe Z et allongés selon l'axe X et à un moindre degré selon l'axe Y. Il est assumé que la symétrie des objets déformés (orthorhombique) représente la symétrie de la déformation causée par l'épisode tectonique principal (P_1 , S_1). Nous en déduisons que le mécanisme de déformation est le cisaillement pur et nous pouvons alors placer les axes des contraintes principales a, b, c parallèlement aux axes principaux X, Y et Z de la déformation. La contrainte maximale a est parallèle à l'axe court Z des lapillis, la contrainte minimale c est parallèle à l'axe long X et la contrainte intermédiaire b est parallèle à l'axe intermédiaire Y. Pour la majorité des lapillis (à l'exception de la zone Marymac 2), l'axe intermédiaire Y des lapillis a été allongé, donc la contrainte intermédiaire représente un allongement. Le plan contenant les axes X et Y (plan de la schistosité S_1) est donc un plan d'allongement alors que l'axe Z est l'axe de compression normal à ce plan (Ramsay, 1967).

A l'affleurement de la zone Redcliff, nous avons noté exceptionnellement des lapillis avec une symétrie monoclinique (figure 3). La figure 4 montre les orientations respectives des axes longs (grands axes X) des lapillis dans les deux secteurs (nord et sud) ainsi qu'à la zone Redcliff où la schistosité espacée S_2 a été observée. On note que les axes longs des lapillis des deux secteurs ne correspondent pas à la schistosité S_1 de la zone Redcliff puisque l'orientation de celle-ci varie dans la vallée.

GÉOLOGIE ÉCONOMIQUE

Travaux antérieurs

La minéralisation se retrouve en sept zones distribuées sur une distance de 13 km dans la vallée Aulneau-Redcliff; elles sont alignées dans un axe parallèle à celui de la fosse (figure 2). Les sept zones minéralisées suivent la structure isoclinale des couches lithologiques dans la vallée; elles possèdent une direction N-0 à N-N-0 et un pendage de 25° à 55° vers le N-E. La longueur (axe long X) représente la plus grande dimension des zones minéralisées; elle se situe dans une direction N-E et a été mesurée dans le sens du pendage. La largeur (axe intermédiaire Y) représente la seconde dimension; elle est mesurée horizontalement dans le sens de la direction (N-N-0). L'épaisseur (axe court Z) est obtenue directement dans les journaux de forage.

TABLEAU 2- Caractéristiques principales des deux faciès de minéralisation.

<u>FACIÈS 1</u>	<u>FACIÈS 2</u>
- minéralisation primaire	- minéralisation secondaire
- minéralogie: pyrrhotine-chalcopyrite	- minéralogie: pyrite-chalcopyrite- pentlandite-(magnétite) (sphalérite)-(galène)
- associée surtout aux filons-couches gabbroïques	- associée aux veines de quartz et carbonate et à une intense altéra-

Tableau 2 (suite)

- occurrences: - disséminée (rare)	tion en quartz-carbonate-chlorite-
- semi-massive	épidote-biotite-(séricite) dans des
- massive	zones cisailées et/ou schisteuses
	- occurrences: - schistes à sulfures
	- filons de sulfures-
	quartz-carbonate

A l'observation des carottes de forage, on peut distinguer deux faciès de minéralisation (tableau 2). La minéralisation secondaire a été déposée aux mêmes sites que la minéralisation primaire; elle a remplacée en partie cette dernière. La ségrégation magmatique (pré-orogénique) et un épisode hydrothermal (syn-orogénique) sont les hypothèses génétiques invoquées pour expliquer les minéralisations primaires et secondaires.

Minéralisation à la surface

Trois des sept zones minéralisées (Island, Lepage et Redcliff) affleurent à la surface. La cartographie géologique détaillée des deux premières zones a été présentée dans un rapport antérieur (Lacroix, 1984); la carte géologique d'affleurements minéralisés distaux mais associés à la zone Redcliff est présentée à la figure 5.



FIGURE 3- Des passages de tufs et de tufs à lapillis à la surface de la zone Redcliff montrent les orientations respectives de S_0 (stratification) et de S_1 , S_2 (schistosités).

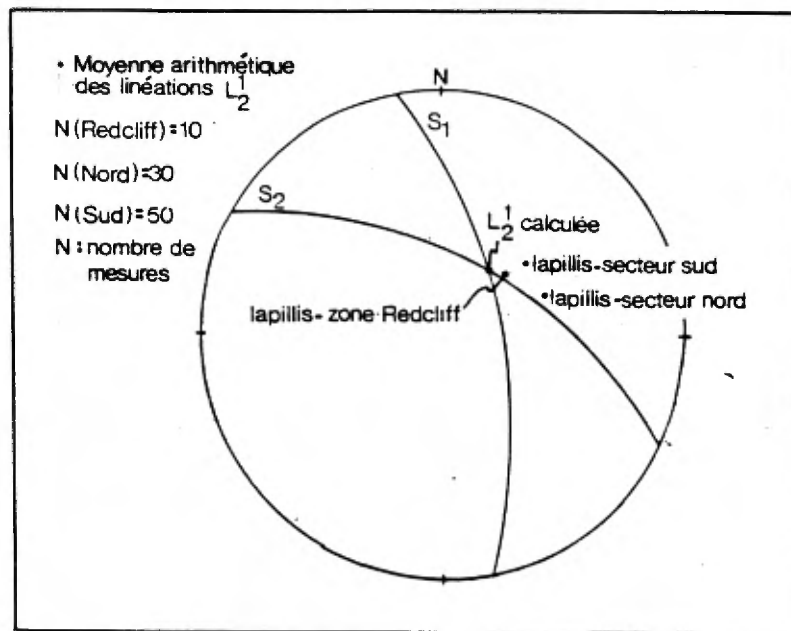


FIGURE 4- Projection stéréographique équiangle montrant la relation entre le grand axe X des lapillis et l'intersection des deux schistosités à la zone Redcliff.

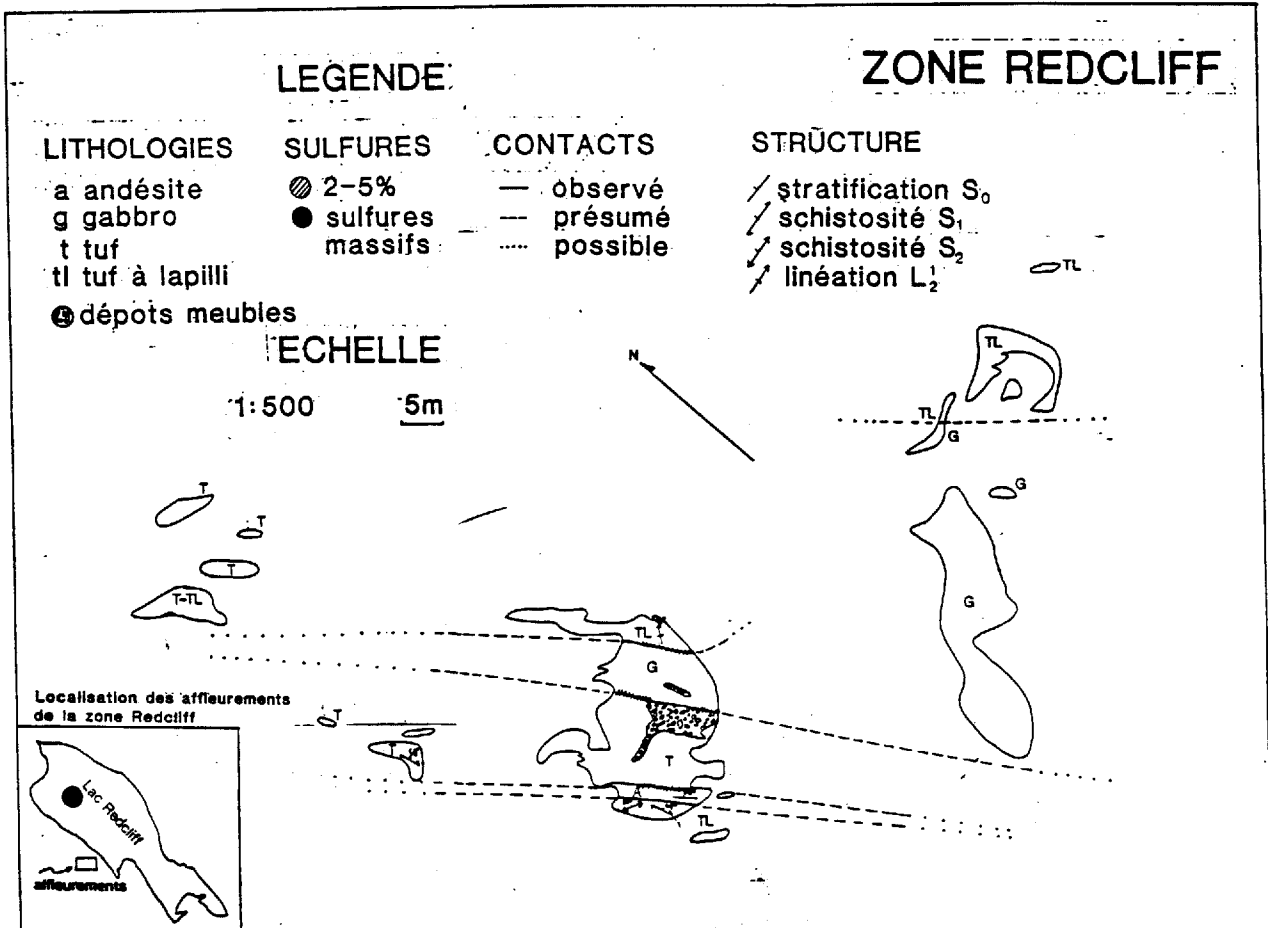


FIGURE 5- Carte géologique détaillée des affleurements à la surface de la zone Redcliff.

Toutes les lithologies à la zone Redcliff pendent vers le N-E; aucune évidence de polarité n'est visible. On note des interlits de tuf et de tuf à lapillis (figure 3). Ceux-ci contiennent des fragments de composition felsique dans une matrice mafique aphanitique par endroit très schisteuse et intensément altérée. L'andésite est aphanitique, vert foncé et d'aspect massive. Le gabbro est frais sur les affleurements au S-E; on y note une texture ophitique grossière. Sur l'affleurement central, le gabbro est très chloritisé. Des enclaves dans le gabbro et quelques contacts tuf-gabbro (épaisseur maximale de 30 cm) se composent essentiellement de talc et de séricite; ceci est probablement l'expression d'un métamorphisme de contact. L'épaisseur du filon-couche de gabbro semble diminuer vers le N-N-O.

La zone Redcliff est le seul endroit dans la vallée où nous avons observé la stratification et la présence de deux schistosités. La schistosité S_1 est subparallèle à la stratification alors que la schistosité S_2 la recoupe nettement (figure 3). Plusieurs lapillis déformés plongent de 40° vers le N-E; ceux-ci sont à l'intersection des schistosités S_1 et S_2 et représentent la linéation L^1_2 .

Une minéralisation disséminée (0-2% pyrite) est observée aux contacts altérés du gabbro et parfois de l'andésite à l'affleurement central. Une lentille de sulfures massifs est présente dans le tuf de l'affleurement au N-N-O. Plusieurs échantillons pris dans cette lentille montrent un remplacement graduel de la minéralisation primaire par la minéralisation secondaire (figure 6).

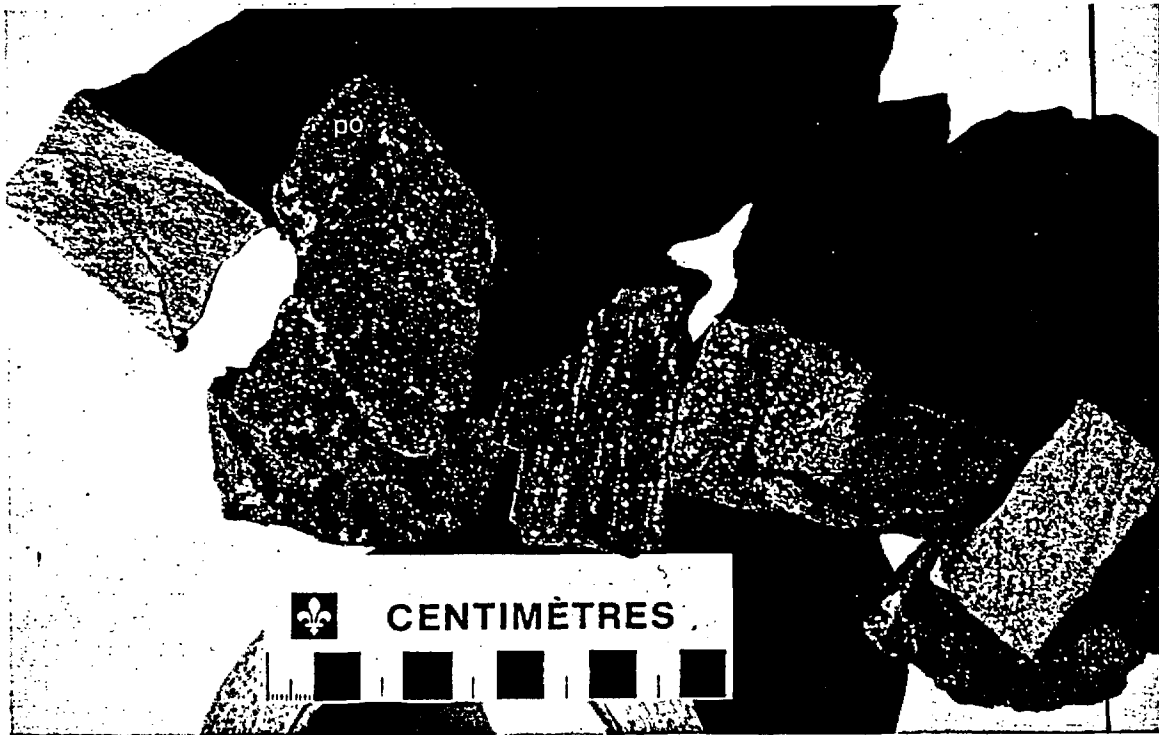


FIGURE 6- Séquence de remplacement graduel de la minéralisation primaire (pyrrhotine-po) par la minéralisation secondaire (pyrite-py) à la zone Redcliff.

Terminologie du tableau 3

VARIATION (%) : - occurrence volumétrique minimum et maximum d'un minéral exprimé en % d'une section de roche minéralisée où le minéral en question est observé.

M1 (%) : - occurrence volumétrique moyenne d'un minéral exprimé en %
d'une section de roche minéralisée.

OCCURRENCES : - rapport du nombre de présences notées d'un minéral sur le
nombre de présences notées de la minéralisation.

M2 (%) : - occurrence volumétrique moyenne d'un minéral exprimé en %
d'une section de roche minéralisée où le minéral en question
est observé.

TABLEAU 3 - Caractéristiques (composition et encaissant) de la minéralisation
de la zone Nine South.

1- Minéralisation massive

MINÉRAUX	VARIATION (%)	M1 (%)	OCCURRENCES	M2 (%)	ROCHES ENCAISSANTES
Pyrite	20-80	29	7/11	47,7	- gabbro 45%
Chalcopyrite	1-100	24,3	9/11	29,7	- andésite-gabbro 36%
Magnétite	5-100	21,5	9/11	26,2	- andésite 19%
Pyrrhotine	12-50	<u>12,5</u>	6/11	22,8	
		87,3			

2- Minéralisation disséminée

MINÉRAUX	VARIATION (%)	M1 (%)	OCCURRENCES	M2 (%)	ROCHES ENCAISSANTES
Pyrite	1-30	4	16/19	4,8	- gabbro 37%
Chalcopyrite	1-15	1,5	15/19	1,9	- andésite 26 %
Pyrrhotine	1-15	1	4/19	4,8	- argilite 16%
Galène	traces	tr.	1/19	tr.	- andésite cisailée 11%
Sphalérite	traces	<u>tr.</u> 7,5	1/19	tr.	- andésite-gabbro 5% - tuf 5%

Remarque: La minéralogie et les roches encaissantes de la minéralisation ont été calculées à partir des occurrences de minéralisation notées dans les journaux de forage de la compagnie HNS.

Zones minéralisées

Plusieurs coupes géologiques ont déjà été réalisées à l'aide des journaux de forage de la compagnie HNS sur chacune des zones minéralisées (Lacroix, 1984). Celles-ci ont montré que les zones minéralisées ont toutes une direction semblable (du N-O au N-N-O) et qu'elles pendent vers le N-E. Nous

présentons ici plusieurs coupes géologiques supplémentaires sur deux zones minéralisées en particulier (Float et Lepage) afin d'en préciser la morphologie.

ZONE FLOAT

La zone Float est la seule zone à ne pas avoir été décrite dans notre rapport précédent; le tableau 3 présente donc la minéralogie et les différentes lithologies encaissantes de la minéralisation. Celles-ci sont comparables à celles des autres zones minéralisées. La zone Float est orientée N318 et pend de 45° vers le N-E. Les figures 7 et 8 montrent respectivement une coupe perpendiculaire et une coupe parallèle à la vallée Aulneau-Redcliff; la coupe parallèle avec un pendage de 45° vers le S-O intersecte perpendiculairement la zone minéralisée.

L'association spatiale de la minéralisation avec un filon-couche de gabbro est très claire. On note que latéralement à ce filon-couche, la minéralisation est rencontrée dans des argilites et des andésites. La coupe de la figure 8 permet de préciser la longueur (X) et l'épaisseur (Z) de la zone minéralisée. La coupe de la figure 9 présente la largeur (Y) en fonction de l'épaisseur (Z) de la même zone. Les dimensions X, Y, Z et les rapports des dimensions obtenues sont inscrites dans le tableau 4. Il est à noter que les valeurs mesurées en X et Y représentent les dimensions d'une minéralisation

parfois discontinue alors que les valeurs mesurées en Z représentent l'épaisseur totale d'une minéralisation disséminée et massive. La zone Float a donc la forme d'un cigare aplati (ou d'une galette allongée) qui pend de 45° vers N48; elle est la seule zone qui n'a pas été érodée en partie.

TABLEAU 4- Dimensions maximums en X, Y et Z et les rapports entre celles-ci pour la zone Float.

	X	Y	Z	X/Y	Y/Z
Dimensions	246 M	83 M	13 M	2,96	6,28
Rapports unitaires	19	6,3	1		

Légende des coupes géologiques

Roches sédimentaires

ar argilite S sédiments
 d dolomie MS métasédiments
 sl siltstone

Sulfures

⊗ 0-2%
 ⊙ 2-5%
 ⊕ 5-10%
 ⊛ 20-40%
 ● sulfures massifs (>40%)

Roches volcaniques

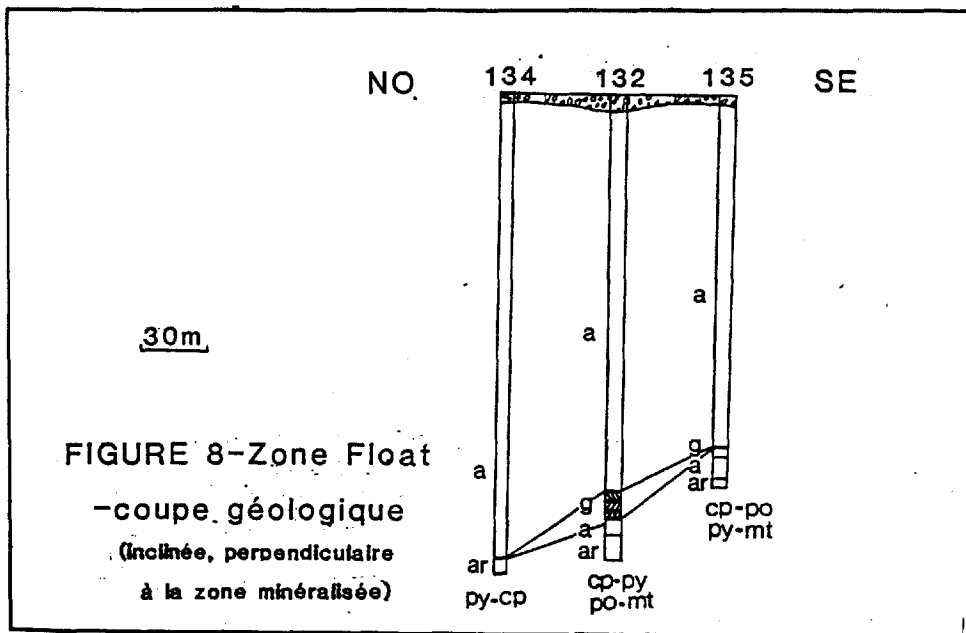
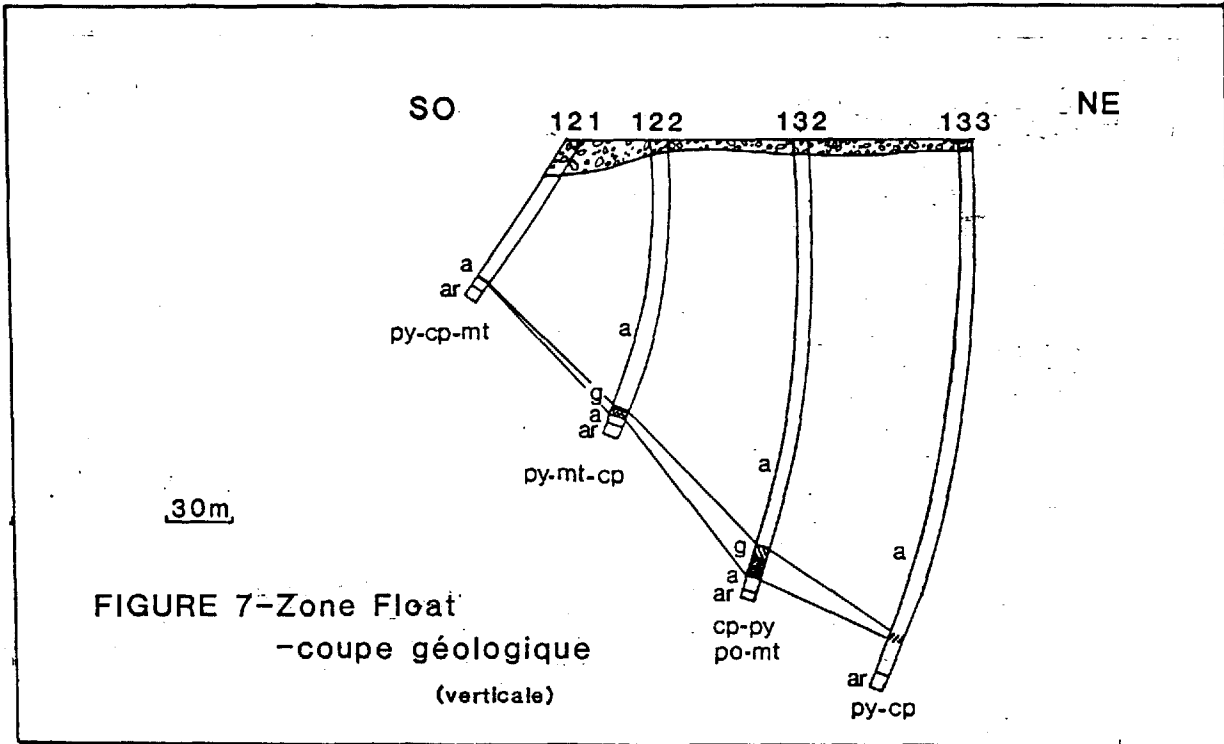
a andésite t tuf
 ag agglomérat tl tuf à lapilli
 C pyroclastique T ag-t-tl

Roches intrusives

a(a?) andésite (probable)
 g gabbro
 gg gabbro gloméroporphyrique

Veines & roches altérées

c carbonates ser séricite am amphibolite
 chl chlorite t talc b brèche
 q quartz tre trémolite s schiste



ZONE LEPAGE

Le patron de forage de la zone Lepage (figure 9) est le mieux défini et le plus complet de toutes les zones minéralisées; il permet de tracer de nombreuses coupes géologiques qui précisent la morphologie de cette zone. Les coupes des figures 10 à 17 sont perpendiculaires à la vallée Aulneau-Redcliff; ils montrent les longueurs (X) en fonction des épaisseurs (Z) de la zone. Les coupes des figures 18 à 21 sont parallèles à la vallée mais perpendiculaires au pendage de la zone; ils présentent les largeurs (Y) en fonction des épaisseurs (Z) de la même zone. La minéralisation est principalement associée au filon-couche gabbroïque même si elle apparaît latéralement dans d'autres lithologies. Cette relation est particulièrement bien illustrée sur les coupes parallèles à la vallée (figures 18 à 21).

Les dimensions X et Z mesurées dans les coupes 10 à 17 apparaissent au tableau 5; les dimensions Y et Z mesurées dans les coupes 18 à 21 sont visibles au tableau 6. On note que la longueur est légèrement supérieure au centre du corps minéralisé par rapport aux bordures de celui-ci. Pour arriver à cette conclusion, nous n'avons pas considéré la coupe de la figure 14 (oblique à la zone minéralisée) et la coupe de la figure 17 (forages insuffisants).

TABLEAU 5- Dimensions en X et Z de la zone Lepage mesurées dans les coupes des figures 10 à 17.

COUPE	FIGURE	LONGUEUR X		ÉPAISSEUR
		interceptée par forage	projetée jusqu'à la surface	Z
1	12	415 M	461 M	15,4 M
2	13	369 M	418 M	18,5 M
3	14	492 M?	554 M?	9,2 M
4	15	455 M	517 M	21,5 M
5	16	452 M	492 M	18,5 M
6	17	139 M?	215 M?	6,2 M
7	18	323 M	385 M	7,7 M
8	19	388 M	431 M	1,5 M

TABLEAU 6- Dimensions en Y et Z de la zone Lepage mesurées dans les coupes des figures 18 à 21.

COUPE	FIGURE	LARGEUR Y	ÉPAISSEUR Z
A	20	200 M	31 M
B	21	206 M	23 M
C	22	200 M	18,5 M
D	23	200 M	7,7 M

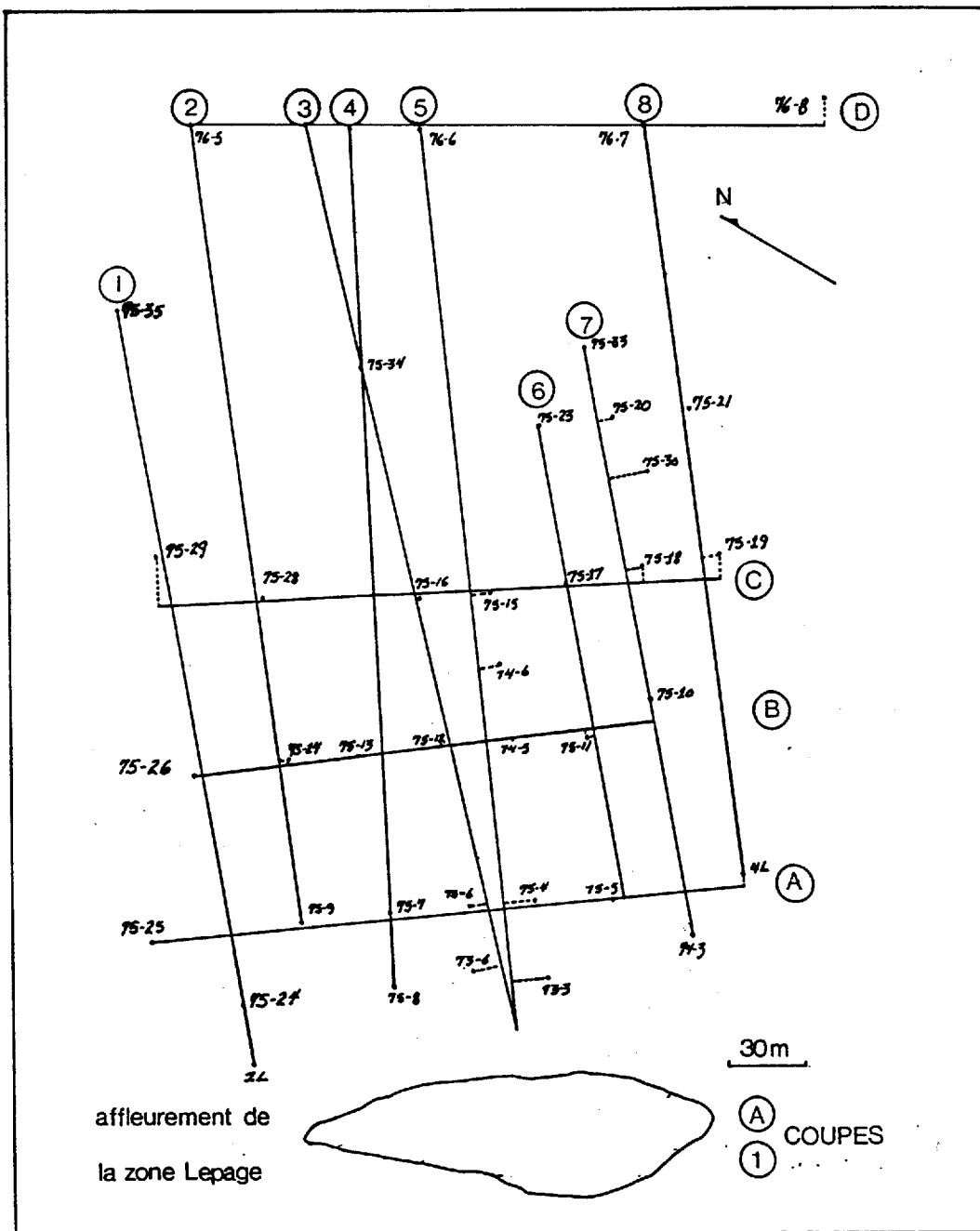


FIGURE 9- Distribution des forages et des coupes géologiques à la surface de la zone Lepage.

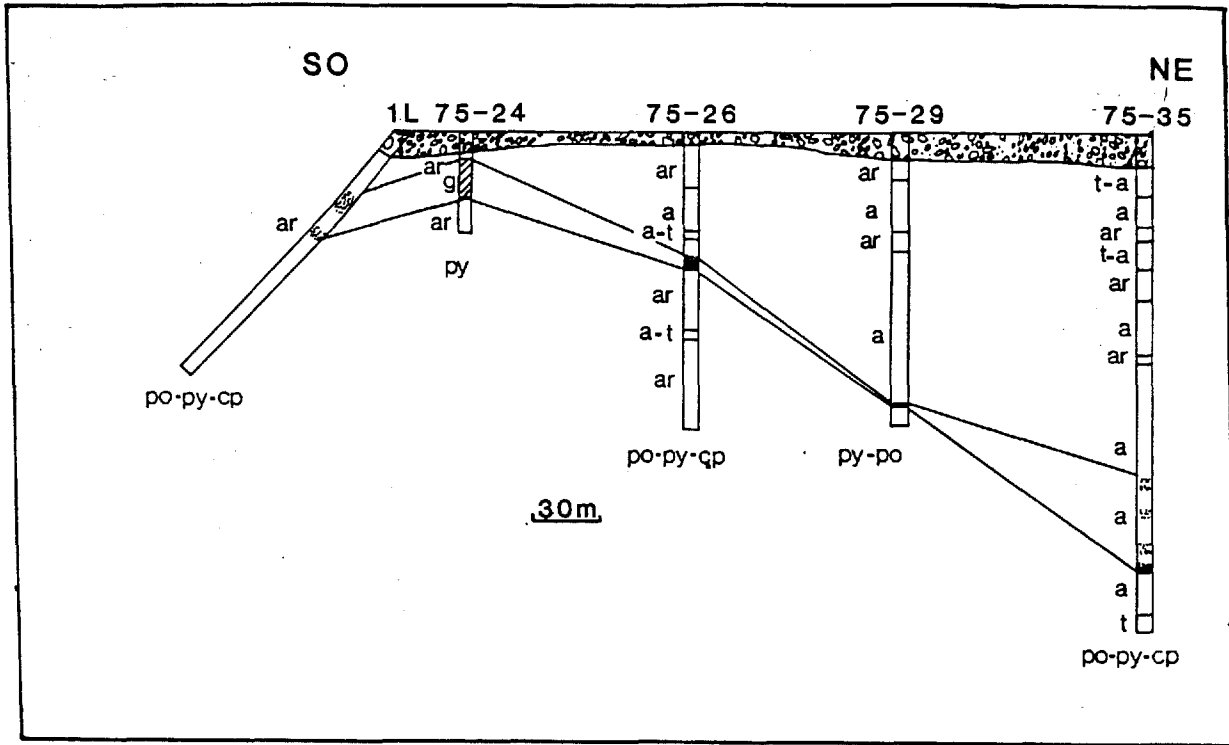


FIGURE 10 - Zone Lepage-coupe géologique 1

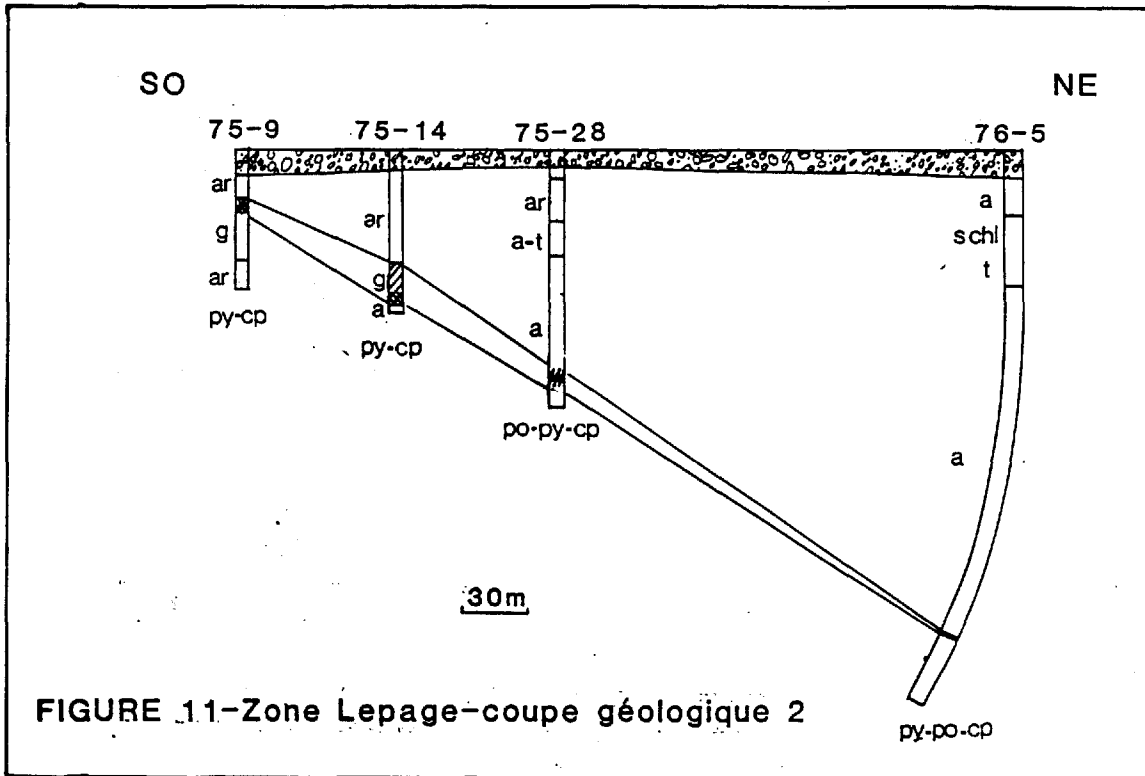


FIGURE 11 - Zone Lepage-coupe géologique 2

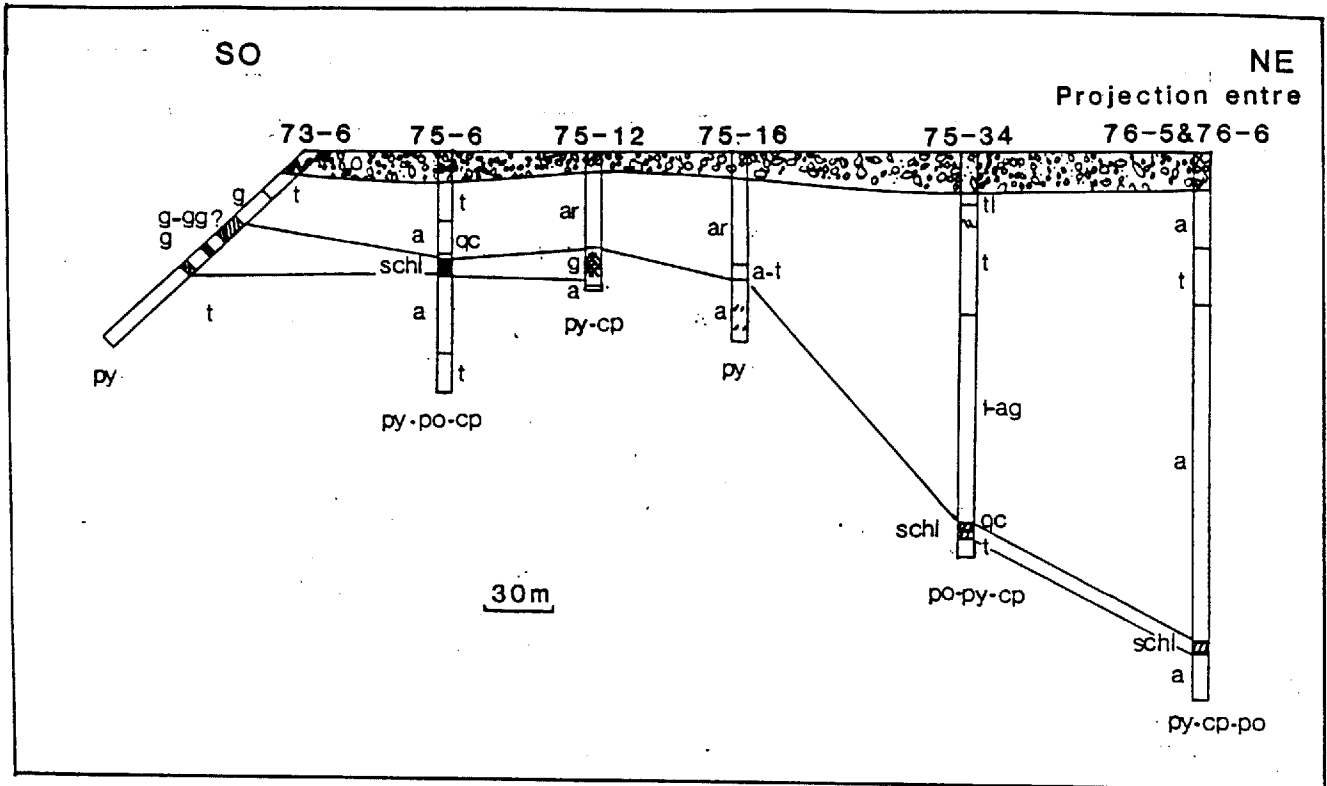


FIGURE 12 - Zone Lepage-coupe géologique 3

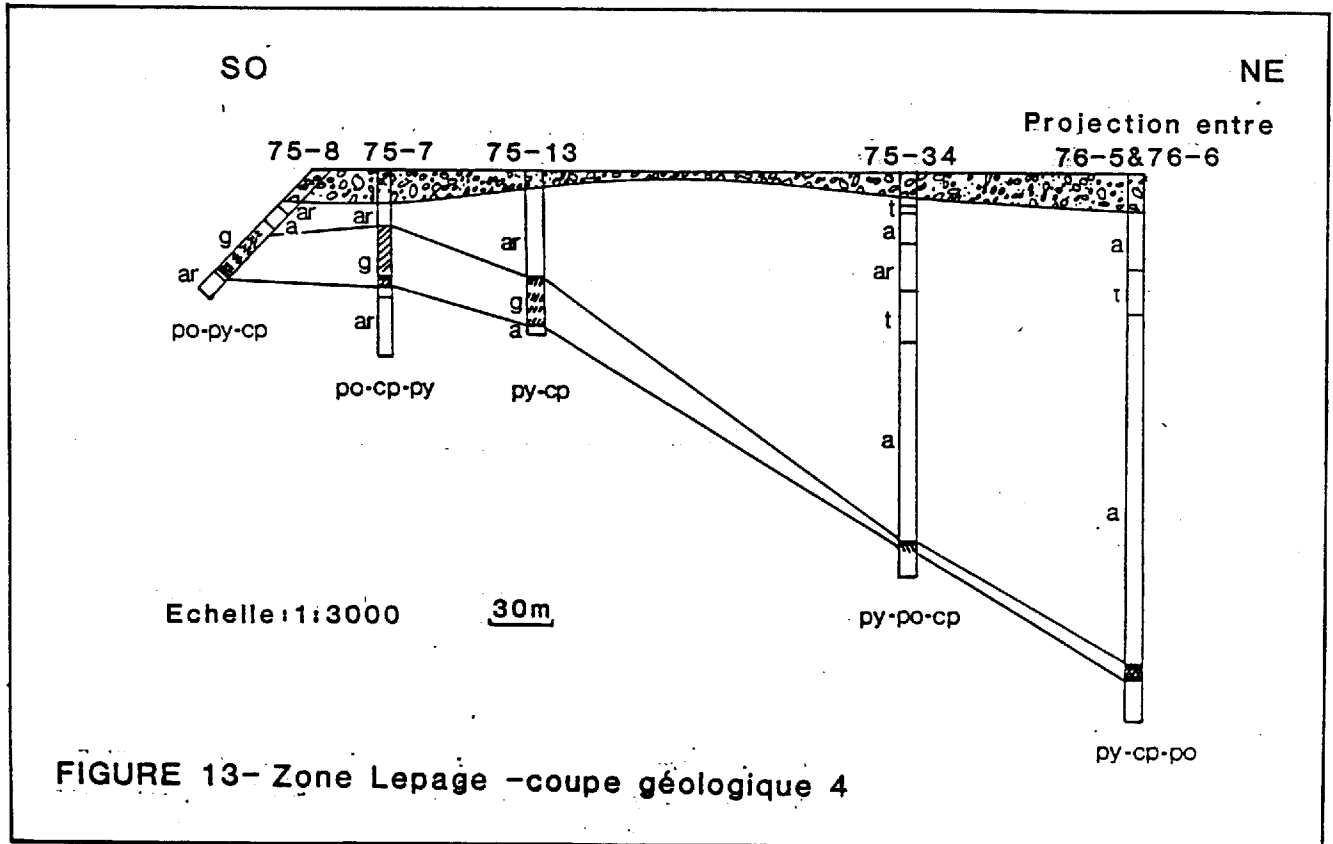


FIGURE 13- Zone Lepage -coupe géologique 4

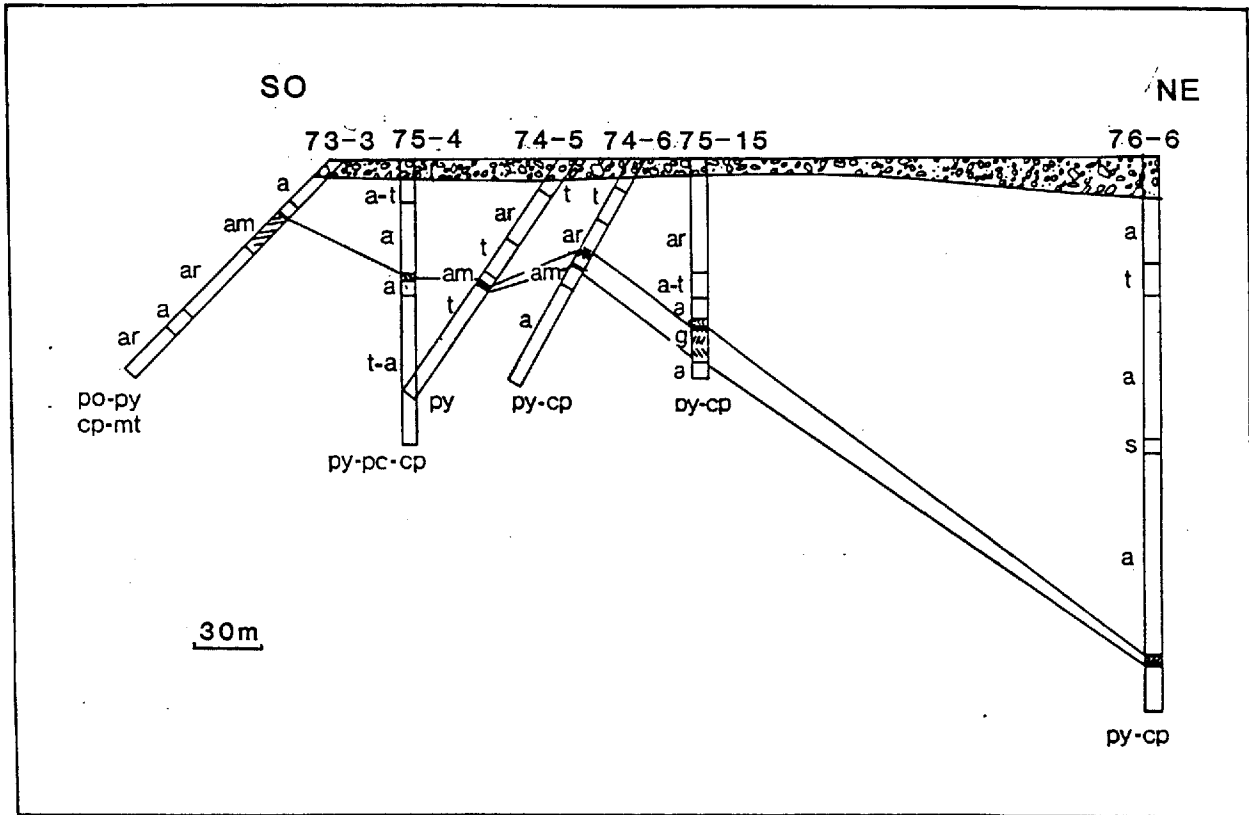


FIGURE 14 - Zone Lepage-coupe géologique 5

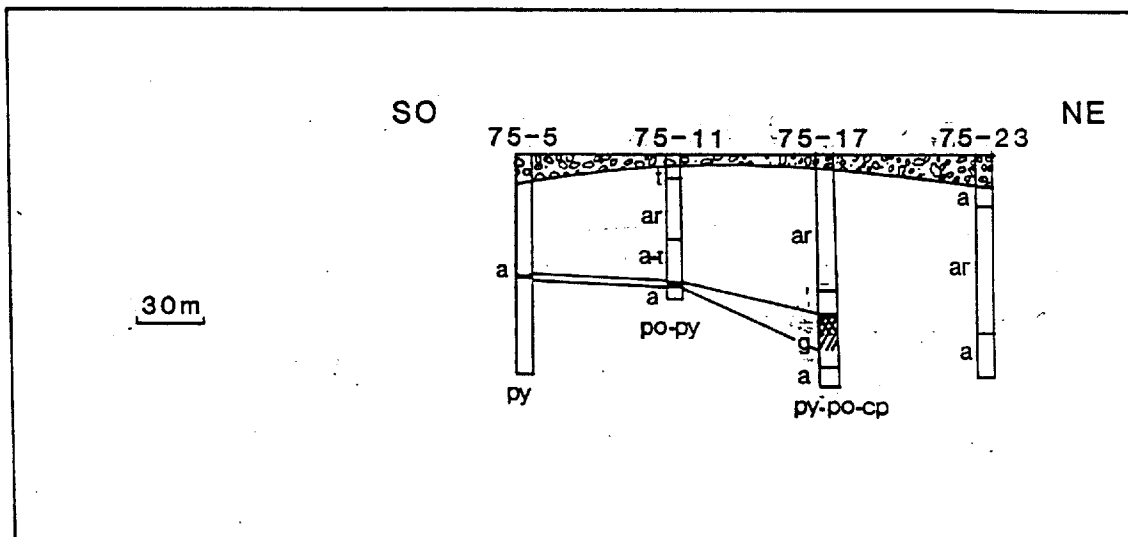
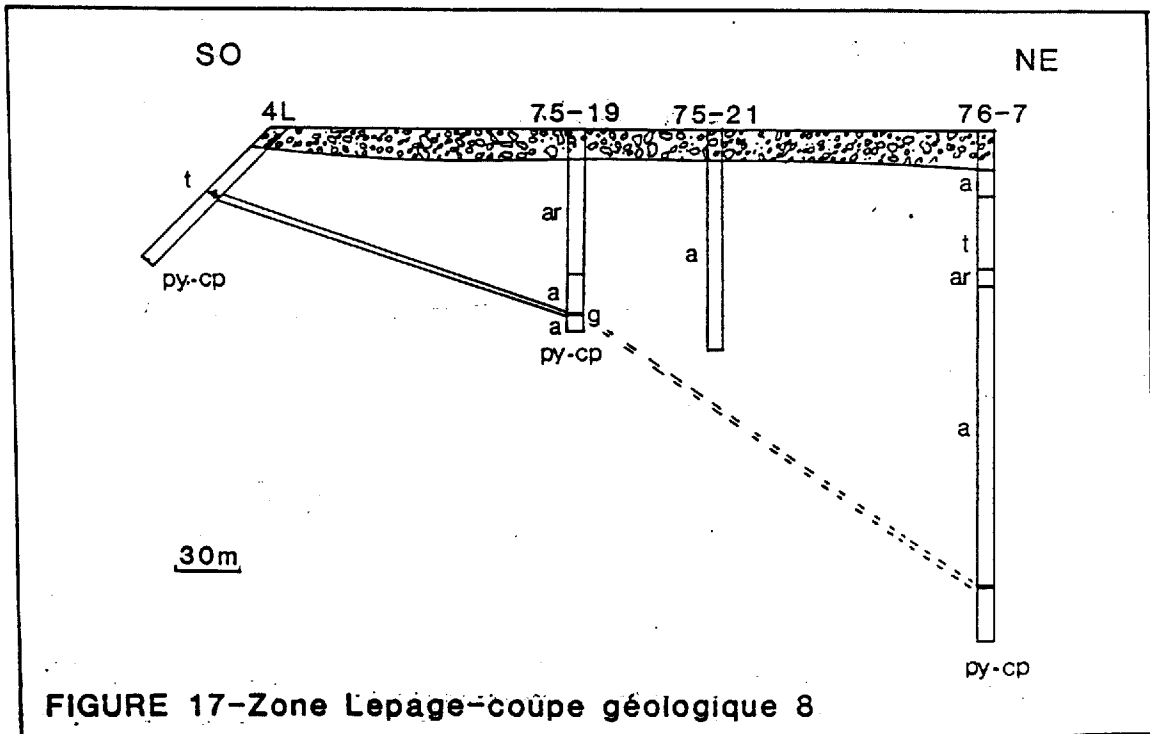
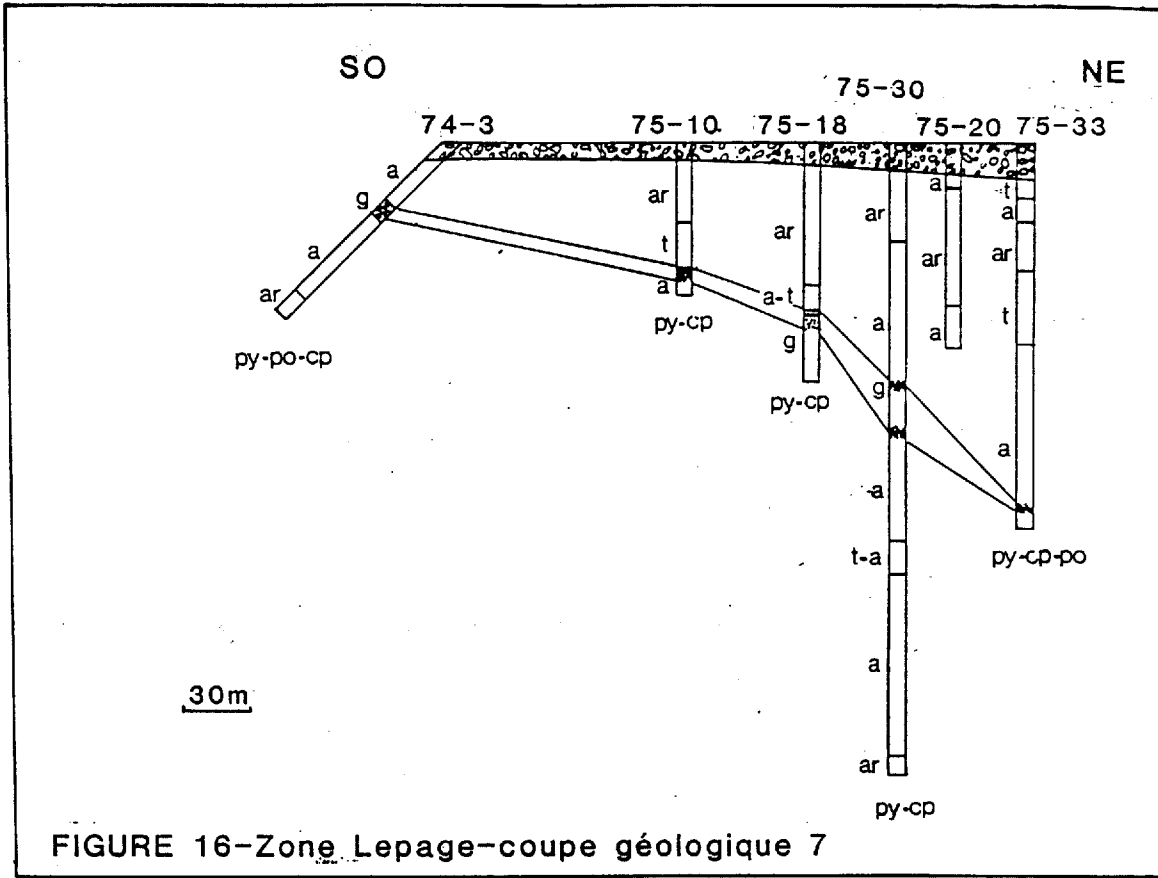


FIGURE 15 - Zone Lepage-coupe géologique 6



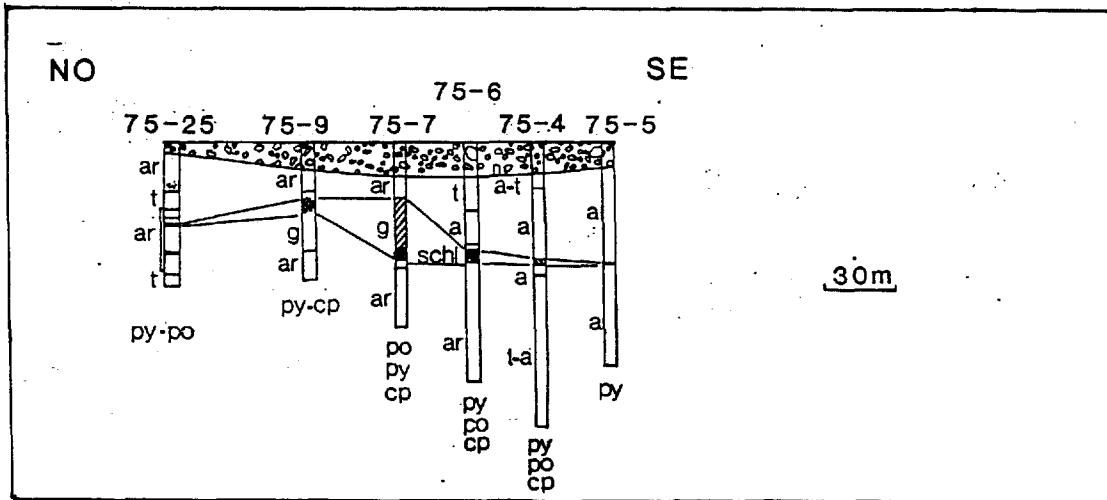


FIGURE 18 - Zone Lepage-coupe géologique A

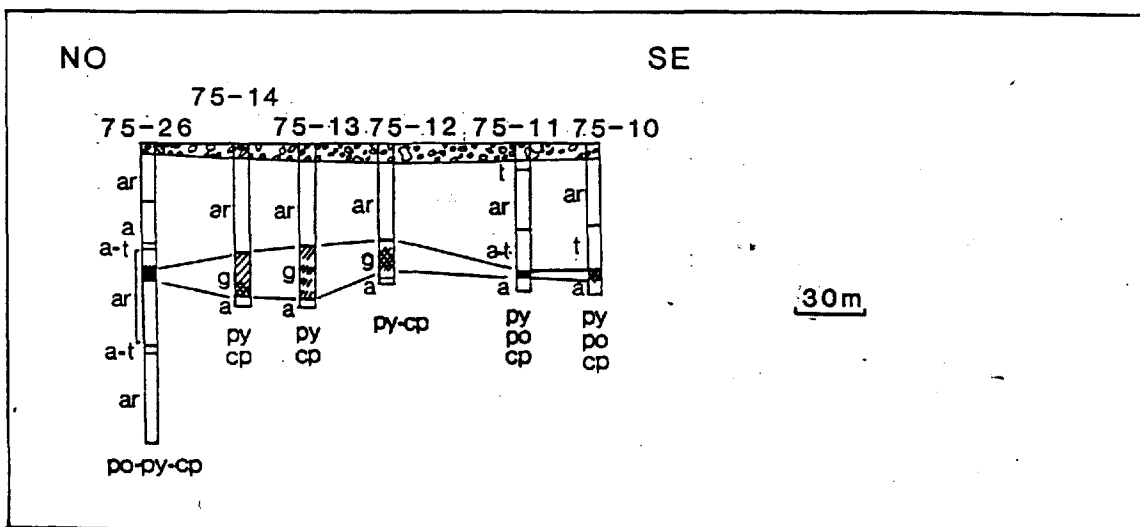
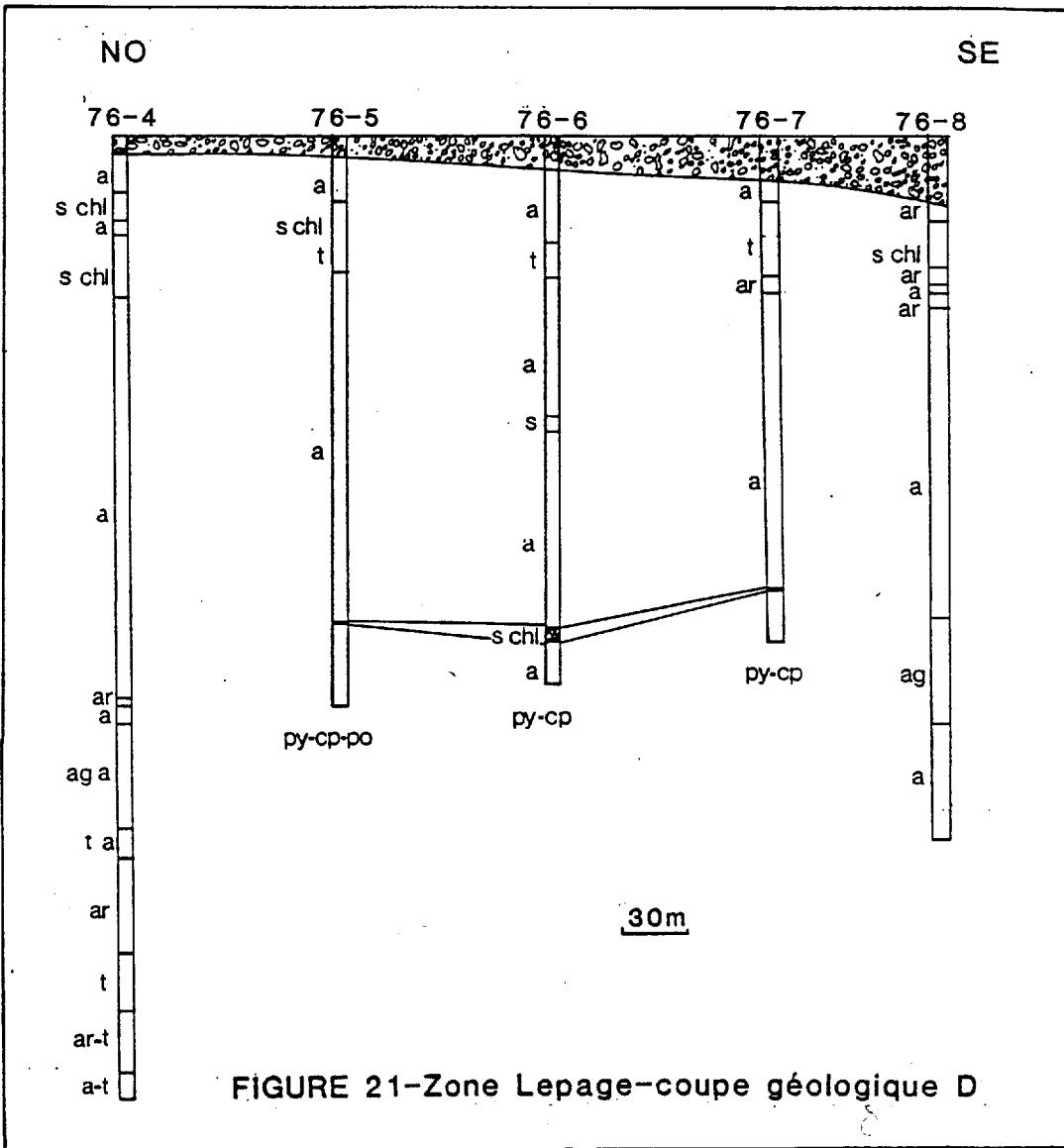
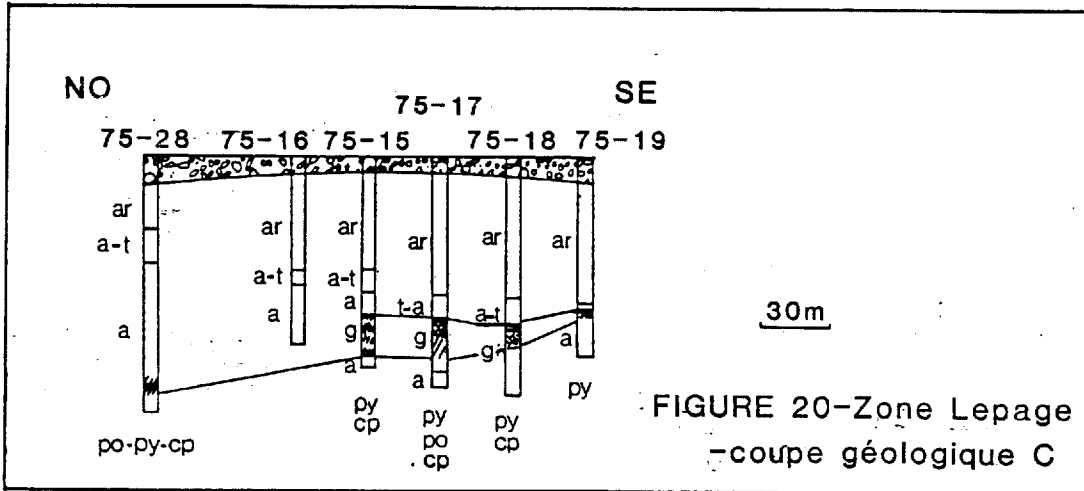


FIGURE 19 - Zone Lepage-coupe géologique B



La largeur demeure constante à 200 M sur toute la longueur de la zone. L'épaisseur varie énormément: l'épaisseur minimum (7,7 m) est mesurée à l'extrémité basale du corps minéralisé et l'épaisseur maximum (31 M) est mesurée dans la partie que l'on croit être centrale (selon l'axe X) de la zone. Cette zone est grossièrement symétrique selon les axes X, Y et Z (symétrie orthorhombique) de façon similaire à la zone Float. La symétrie selon l'axe X est partielle à cause de l'érosion de la partie sommitale de la zone; celle-ci nous est néanmoins indiquée par l'épaisseur de la zone (20 M) affleurant à la surface. Les dimensions maximums de la zone Lepage et les rapports entre celles-ci sont indiquées au tableau 7.

TABLEAU 7- Dimensions maximums en X, Y et Z et les rapports entre celles-ci pour la zone Lepage.

	X	Y	Z	X/Y	Y/Z
Dimensions	554 M	206 M	31 M	2,7	6,7
Rapports unitaires	18	6,7	1		

La zone Lepage représente donc un cigare aplati de forme incurvée vers le bas qui pend de 25° vers N55. La figure 22 montre un schéma de la morphologie tridimensionnelle de la zone Lepage ainsi obtenue.

La figure 23 montre la disposition des sept zones minéralisées dans la vallée Aulneau-Redcliff. On note la correspondance d'orientation des dimensions X, Y, Z, des zones minéralisées avec les axes principaux de la déformation hudsonienne obtenus avec les lapillis déformés.

ZONALITÉS, STRUCTURES ET TEXTURES

Les coupes géologiques de la section précédente permettent de visualiser une zonalité de la lithologie encaissant la minéralisation selon les axes X, Y et Z. Ainsi, la gabbro est la roche encaissante centrale de la minéralisation alors que celle-ci déborde le filon-couche dans le plan XY et est encaissée en bordure par des argilites, andésites ou pyroclastiques.

Une zonalité minéralogique se superpose à la zonalité lithologique dans chacune des zones. La minéralisation encaissée par le gabbro est plus riche en pyrrhotine (et pentlandite, chalcopryrite et magnétite) alors que la minéralisation en bordure de la zone se compose en plus grande partie de pyrite et de chalcopryrite. Une minéralisation hybride (pyrrhotine-pyrite-chalcopryrite) sépare les deux minéralisations typiques; elle est parfois associée à un gabbro intensément altéré. Les zones Marymac 1, Island et Float (figures 7 et 8) montrent les zonalités minéralogiques les mieux définies. Les coupes au centre de la zone Lepage (figures 13 et 14) présentent également une excellente zonalité; les autres coupes de cette zone montrent qu'il s'agit d'une

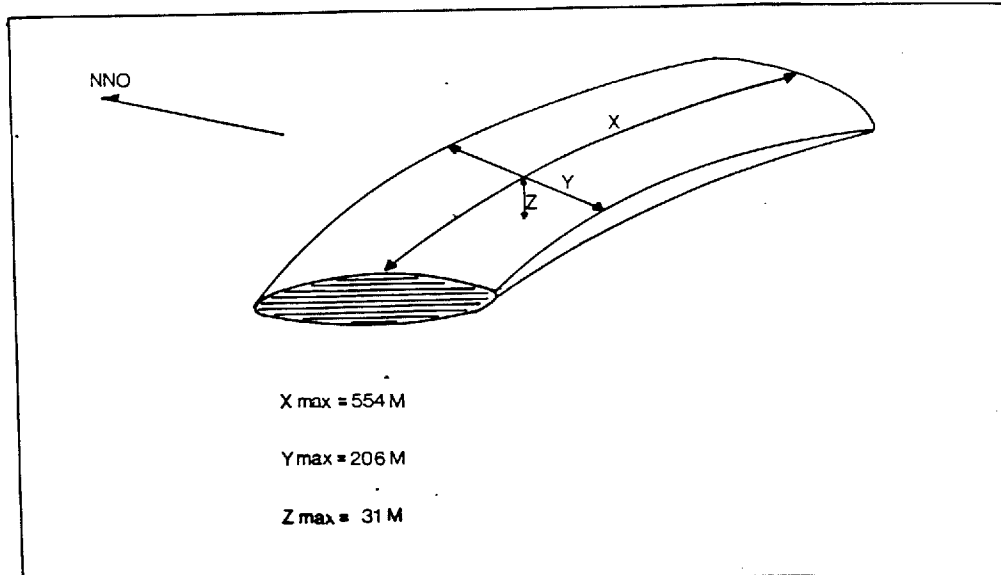


FIGURE 22- Morphologie tridimensionnelle schématique de la zone Lepage.

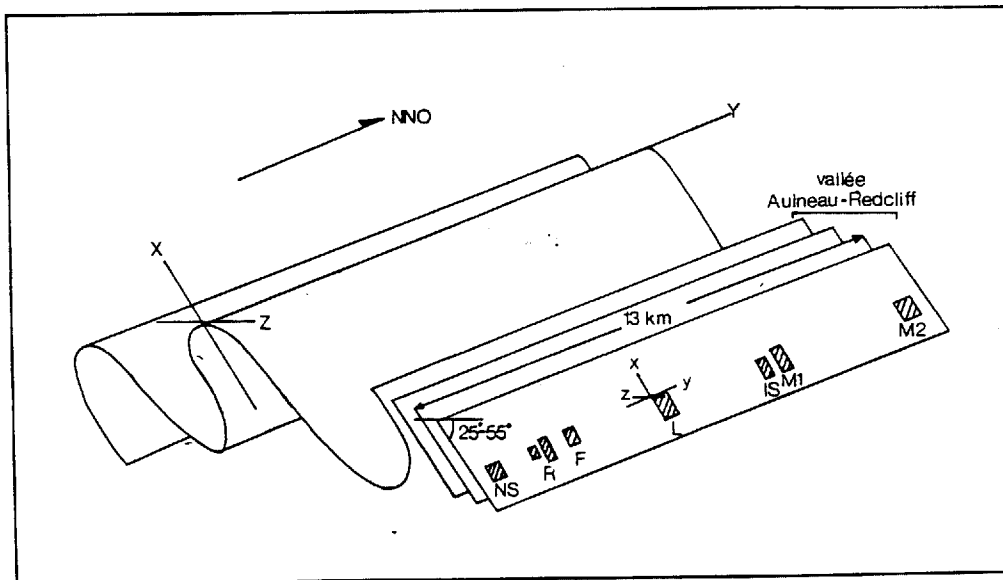


FIGURE 23- Représentation schématique des relations entre les formes et orientations des zones minéralisées et les axes principaux (XYZ) de la déformation hudsonienne dans la région du lac Aulneau.

zonalité idéalisée alors que la structure et la disposition interne de la minéralisation demeure complexe.

Les zonalités minéralogiques et lithologiques constituent ensemble une zonalité symétrique des deux faciès de minéralisation à l'échelle de la zone minéralisée. L'affleurement de la zone Lepage et en partie celui de la zone Island montrent également une minéralisation centrale du premier faciès dans une pyroxénite entourée par une minéralisation secondaire dans un gabbro altéré jusqu'au schiste à chlorite. Tous les faciès intermédiaires peuvent être rencontrés à l'échelle d'une zone minéralisée; la zonalité entre les faciès 1 et 2 a été observée à l'occasion dans un forage. La figure 24 présente une illustration schématique de la zonalité symétrique des faciès à l'échelle d'une zone minéralisée.

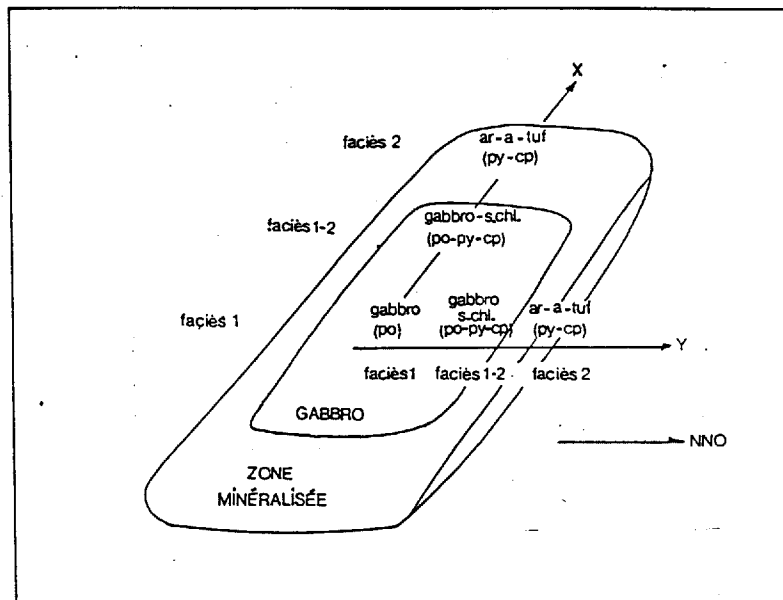


FIGURE 24- Représentation schématique de la zonalité symétrique des faciès de minéralisation dans une zone minéralisée.

Deux zones ne montrent pas une zonalité symétrique complète des faciès de la minéralisation. La zone Marymac 2 présente les caractéristiques du faciès 1 dans les forages les plus profonds et celles d'un faciès intermédiaire ou du faciès 2 dans les forages qui ont intersecté la minéralisation près de la surface (Lacroix, 1984). La symétrie des autres zones nous porte à penser que les forages les plus profonds n'ont pas atteint l'extrémité basale du corps minéralisé et que celui-ci se continue en profondeur dans le sens du pendage. A l'inverse, la zone Nine South ne montre plus que la partie basale d'une zone minéralisée alors que la plus grande partie de celle-ci a été érodée. On n'observe alors que la partie externe d'une zone minéralisée; la minéralisation est typique du faciès 2.

A l'échelle de l'échantillonnage ou de la carotte de forage, nous avons observé de nombreuses textures d'origine tectonique. Les plus importantes sont les suivantes:

- rubannement centimétrique pyrrhotine-chalcopryrite (figure 25)
- déformation plastique des sulfures par rapport aux silicates (Lacroix, 1984: figure 30)
- fluage prononcé des sulfures secondaires par rapport aux silicates (figure 26)
- filonnets microboudinés de sulfures dans la schistosité S_1 (figure 27)
- brèche sulfurée composée de pyrrhotine-quartz-ankérite-chlorite (figure 28)

A l'échelle microscopique, notre étude minéragraphique nous a permis de recueillir d'autres textures tectoniques.

- rubannement millimétrique de la chalcoppyrite, bandes plus ou moins riches en magnétite et allongement des grains de pyrrhotine dans les sulfures massifs (Slipp, 1957); toutes ces orientations préférentielles sont parallèles à la schistosité S_1
- remobilisation de la chalcoppyrite et à un moindre degré de la pyrrhotine dans les fractures de la magnétite (Lacroix, 1984: figure 28)
- microtextures polygonales (résultant de la recristallisation) des sulfures massifs et disséminés (Lacroix, 1984: figure 26 à 28, # 31)
réorientation de la magnétite dans la schistosité S_1 (Lacroix, 1984: figure 40)
- chalcoppyrite intergranulaire ou servant de ciment entre les grains porphyroblastiques de pyrite (Lacroix, 1984: figures 41 et 43)

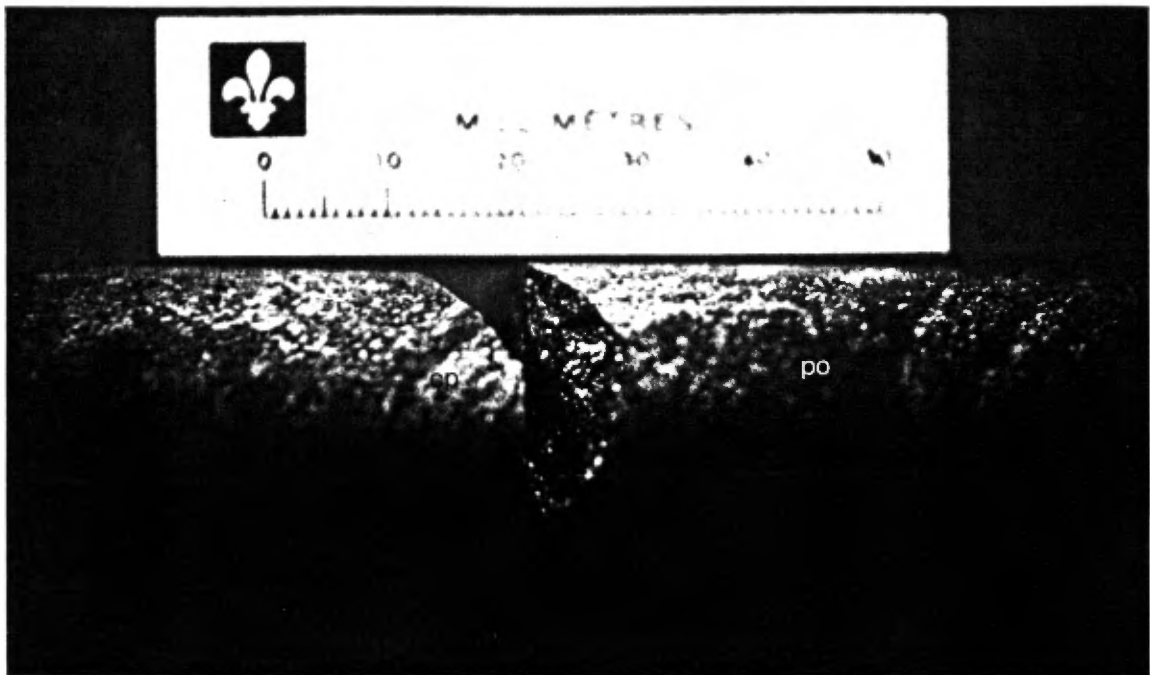


FIGURE 25- Rubanement centimétrique de la pyrrhotine et de la chalcopyrite (zone Marymac 2: forages)

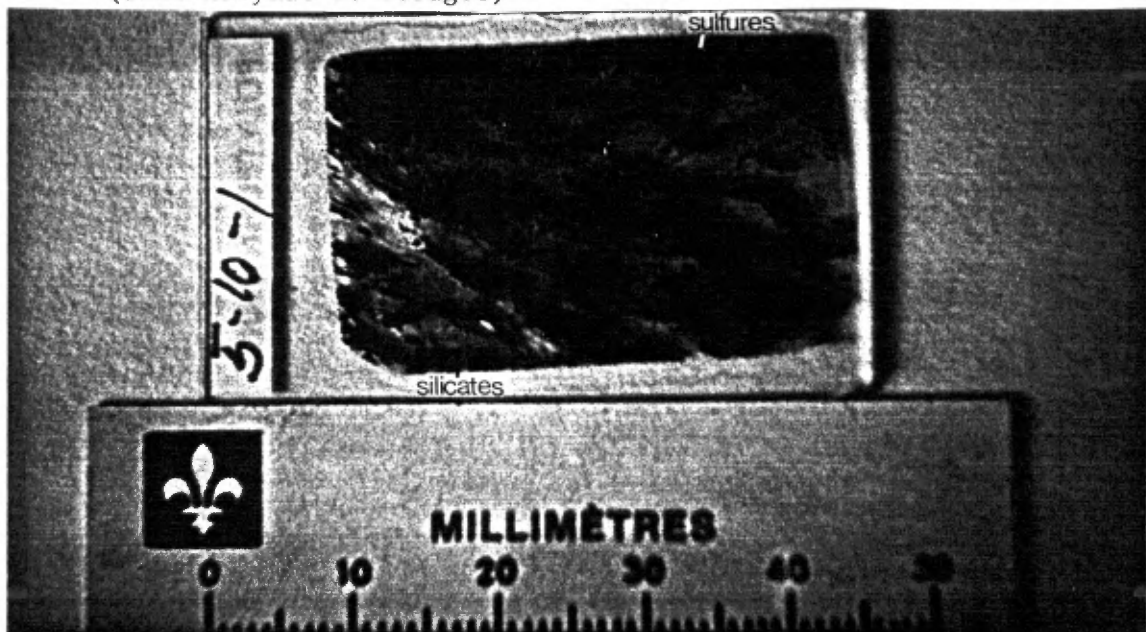


FIGURE 26- Texture mégascopique du fluage des sulfures secondaires par rapport aux silicates (zone Island: gabbro cisailé)

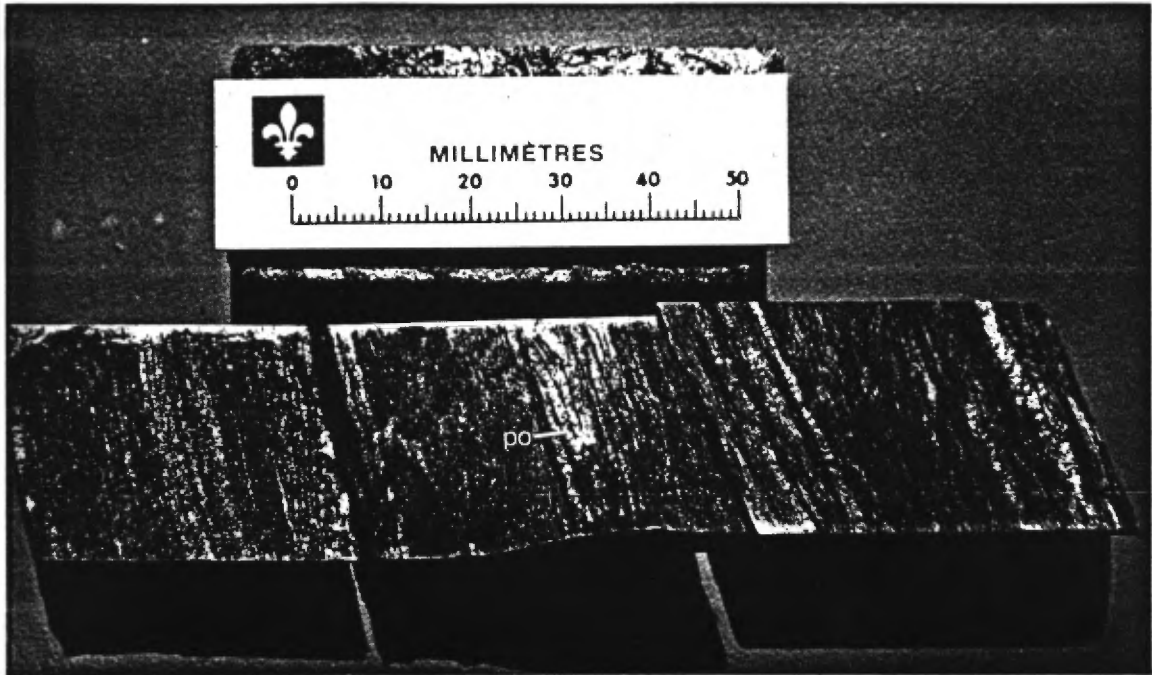


FIGURE 27- Filonnets microboudinés de sulfures dans la schistosité S_1 (zone Marymac 2: forages)



FIGURE 28- Brèche sulfurée composée de pyrrhotine-quartz-ankérite-chlorite (zone Marymac 2: forages)

SYNTHÈSE TECTONIQUE

Nous allons tenter ici de reconstituer l'histoire tectonique des lithologies silicatées et de la minéralisation dans la vallée Aulneau-Redcliff. Une interstratification serrée de roches sédimentaires, pyroclastiques et volcaniques plissées isoclinalement composent le sous-sol de cette vallée. Les filons-couches gabbroïques sont souvent rencontrés en forage au centre des laves andésitiques; ceci soulève la question d'une association génétique possible entre les gabbros et les andésites. Quelques bordures de trempe du gabbro laissent cependant croire que les filons-couches gabbroïques ont été injectés après le refroidissement des roches encaissantes. Nous croyons que les sept filons-couches se sont introduits séparément dans une zone en tension tardi-volcanique ou pré-tectonique; cette zone aurait également permis l'intrusion des masses d'amphibolites ultramafiques.

Nous n'avons noté aucune répétition stratigraphique simple dans les nombreuses coupes géologiques tracées. Le passage latéral des pyroclastiques aux argilites sans division nette entre les deux lithologies (Avison, 1980), le cisaillement et l'altération hydrothermale intense de plusieurs lithologies dans la vallée rend difficile la tentative de situer la surface axiale de l'anticlinal. Nous présumons que les filons-couches gabbroïques représentent la situation approximative de la zone axiale du pli.

La séquence des événements tectoniques et métamorphiques qui ont affecté les roches silicatées et la minéralisation de la vallée durant l'orogénie hudsonienne est complexe. L'influence possible d'une phase tectonique antérieure à la phase P_1 sur la minéralisation nous a semblé négligeable par rapport aux phases P_1 , P_2 et cassantes finales que nous avons décrites (tableau 8).

Épisode tectonique principal

ÉVÉNEMENT PPLICATIF

- Déformation des lapillis

Le pli isoclinal de la vallée Aulneau-Redcliff, les plis serrés de part et d'autre de la vallée, la schistosité S_1 et la déformation orientée des lapillis sont des structures causées par la phase plicative principale. Nous avons montré que les lapillis ont été généralement raccourcis selon l'axe Z (contrainte maximale a) et allongés selon les axe X (contrainte minimale c) et Y (contrainte intermédiaire b). Le plan XY est parallèle à la schistosité S_1 et représente le plan d'allongement des lapillis mesurés; l'axe Z normal à ce plan représente l'axe de compression.

- Déformation des filons-couches gabbroïques

Les filons-couches de gabbro encaissés dans des roches encaissantes moins compétentes ont été déformés d'une façon similaire aux lapillis dans leur matrice. La forme cylindrique à section elliptique des filons-couches dans les coupes géologiques et sur les affleurements nous porte à penser que ceux-ci ont subi un allongement selon l'axe X et à un moindre degré selon l'axe Y. La coupe de la zone Marymac 2 (Lacroix, 1984, figure 20) montre même un boudinage du filon-couche selon l'axe X. Nous rappelons que notre étude de la déformation des lapillis a montré que le secteur de la zone Marymac 2 avait subi une déformation selon l'axe X beaucoup plus importante que les autres zones. Des fractures de tension perpendiculaires aux directions d'allongements des filons-couches ont été créées à ce moment et ont été remplies par du matériel de veine et par la minéralisation primaire remobilisée. Quelques lapillis montrent à une plus grande échelle ce même phénomène (figure 29). Il est à noter que ces veines de tension recoupent la schistosité S_1 ; elles ont néanmoins été formées lors du même épisode structural.

- Mécanismes de déformation

Nous croyons que les lapillis, leur matrice, les filons-couches gabbroïques, les autres roches de la vallée et la minéralisation ont été déformées par fluage. Le processus le plus communément invoqué pour le fluage est la



FIGURE 29- Lapillis intensément étirés dans la schistosité S_1 ; quelques lapillis présentent des veines de tension perpendiculaires à la direction de l'allongement principal.

déformation plastique. Une déformation triaxiale est habituellement expliquée par une combinaison de mécanismes (Flinn, 1956). La déformation triaxiale de lapillis de différents compétences (compositions intermédiaires à felsiques) dans une orientation commune à l'intérieur d'un plan parallèle à la schisto-

sité S_1 et leur symétrie orthorhombique nous porte à croire que le cisaillement pur (déformation non-rotationnelle) est le mécanisme principal de cette déformation. La matrice moins compétente que les lapillis dans le tuf a flué le long des lapillis dans les directions d'allongements déjà décrites tout comme les roches encaissantes de la vallée le long des filons-couches de gabbro. Ce phénomène associé au développement de minéraux métamorphiques micacés dans le plan d'allongement est à l'origine de la schistosité S_1 .

- Orientation de la déformation

Les zones minéralisées ont subi également une déformation qui les a orientées dans les directions de contraintes minimales. La figure 30 illustre bien que la longueur (X) des zones minéralisées correspond à l'axe long (X) des lapillis; celui-ci représente l'axe d'allongement maximum de la déformation dans la vallée. On note que l'orientation des longueurs (X) des zones Marymac 2 et 1 (situées au nord de la vallée) se rapprochent de celle de l'axe long (X) des lapillis du premier secteur. Les autres zones ont une direction de la longueur (X) semblable à l'axe long (X) des lapillis du second secteur. La zone Lepage montre une plongée (25°) légèrement inférieure à celle des autres zones ($40-55^\circ$). On observe également que la direction de la largeur (Y) des zones minéralisées est semblable à la direction des schistosités S_1 des deux secteurs. Le plan d'allongement XY des lapillis et des zones minéralisées est donc sub-parallèle à la schistosité S_1 .

- Déformation de la minéralisation

A l'échelle du forage, il est possible de rencontrer une minéralisation primaire dans des lithologies telles que des tufs et des argilites. Nous pensons que la situation de cette minéralisation s'explique essentiellement par la remobilisation des sulfures lors de l'épisode tectonique principal (P_1). Nous pensons que la formulation de l'hypothèse du remplacement hydrothermal (Slipp, 1957) a été causée en partie par une interprétation erronée de cette caractéristique.

Dans la littérature géologique, la déformation de gîtes de sulfures a fait l'objet de nombreuses études. (Kalliokoski, 1965; McDonald, 1967 & 70; Vokes, 1969 & 71; Groves et al., 1976a & 76b). La minéralisation sulfurée circonscrite dans la séquence lithologique hétérogène de la vallée a subi les mêmes contraintes régionales que celle-ci. La réponse à ces contraintes par le biais de la déformation dépend de la compétence du matériel impliqué. Il est communément accepté que les sulfures, à cause de leur faible compétence, peuvent être remobilisés à des températures et pressions relativement faibles (Stanton et Gorman, 1968; Gill, 1969; Graf et Skinner, 1970; Clark et Kelly, 1973).

Nous pensons que la majorité des textures et fabriques tectoniques décrites dans la section précédente ont été produites lors de l'épisode pliatif de la phase tectonique P_1 . Nous avons déjà montré que les lapillis

avaient une forme de cigares aplatis. La figure 31 situe les lapillis des deux secteurs en fonction de leurs rapports X/Y et Y/Z. Tel que déjà mentionné, les lapillis des deux secteurs possèdent un même écart à la sphéricité présumée (à l'origine du diagramme) des lapillis originaux. La forme de 4 des 7 zones minéralisées a pu être placée sur le même diagramme et on observe alors que celles-ci se situent entre les rapports X/Y de 2 à 3 et les rapports de 4 à 8,5. Il importe ici de préciser que la position des zones minéralisées à la figure 31 ne sert qu'à visualiser la morphologie tridimensionnelle de celles-ci. On ne peut se servir du diagramme pour estimer la déformation quantitative des zones minéralisées puisque la forme originale de celles-ci étaient probablement tabulaires.

L'origine déjà invoquée de la ségrégation magmatique (Lacroix, 1983) pour la minéralisation primaire suppose néanmoins que la minéralisation était circonscrite à l'origine à l'intérieur des filons-couches de gabbro. Les coupes géologiques montrent que les zones minéralisées sont centrées sur les filons-couches mais qu'elles débordent de part et d'autre celui-ci de façon latérale. Nous en déduisons que les zones minéralisées ont été allongées dans le plan XY (mais préférentiellement selon l'axe X) et raccourcis selon l'axe Z.

Lors de la phase plicative de l'épisode tectonique P_1 , la déformation de flanc de l'anticlinal a provoqué une déformation plastique importante de la minéralisation. A cause de la très faible compétence des sulfures par rapport aux roches encaissantes, ceux-ci ont pu être remobilisés à l'état solide

(fluage) sur une certaine distance dans le plan d'allongement XY. Ceci explique la présence de minéralisation en continuité latérale mais à l'extérieur des filons-couches gabbroïques (figures 7, 8, 11 à 21). Une diminution de l'épaisseur originale de la minéralisation est requise durant une déformation de ce type; un enrichissement en % de sulfures a pu se produire suite à cet aplatissement tectonique (Groves etal., 1976). Cette déformation est, selon nous, principalement responsable de la forme en galette allongée des zones minéralisées.

ÉVÉNEMENT CASSANT

- Déformation des lithologies silicatées

Trois failles de chevauchement sont visibles à l'extrémité nord du lac Aulneau (Dressler, 1979); celles-ci devraient selon toute vraisemblance se continuer sous le lac Aulneau. Une faille de chevauchement a déjà été présumée par la compagnie HNS sous les lacs Aulneau, Adet et Redcliff (Avison, 1980). Dans les forages, des zones bréchiques altérées ainsi que les contacts cisailés et altérés des gabbros appuient cette hypothèse. Les endroits dans les forages où les tufs à lapillis sont déformés ne correspondent pas aux passages cisailés. Nous en déduisons que la déformation des lapillis n'a pas été causée par le mouvement le long du plan de chevauchement probable. Nous pensons plutôt qu'une déformation plicative intense de flanc a résulté en des

mouvements importants de glissement dans le plan XY; les mouvements les plus importants semblent s'être faits entre les roches encaissantes incompetentes (tufs et argilites) et les filons-couches gabbroïques plus compétents. Nous avons déjà mentionné que les filons-couches se situaient environ dans la zone axiale du pli. Nous croyons donc qu'un chevauchement du flanc normal sur le flanc inverse a constitué l'événement final de l'épisode tectonique P_1 . Les mouvements de glissement le long d'une surface irrégulière ont alors formé des zones de dilatation (Guha etal., 1983).

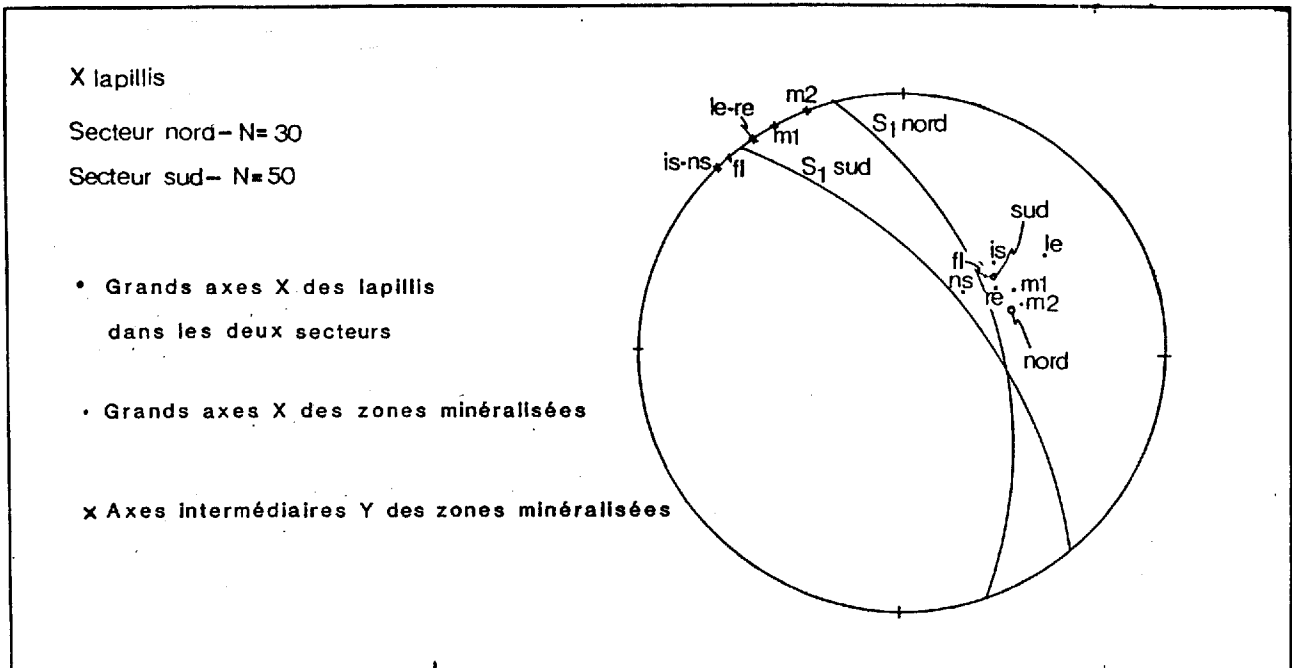


FIGURE 30 - Projection stéréographique équiangle montrant les relations entre l'orientation de la schistosité S_1 et celles des axes X et Y des zones minéralisées et des axes X des lapillis.

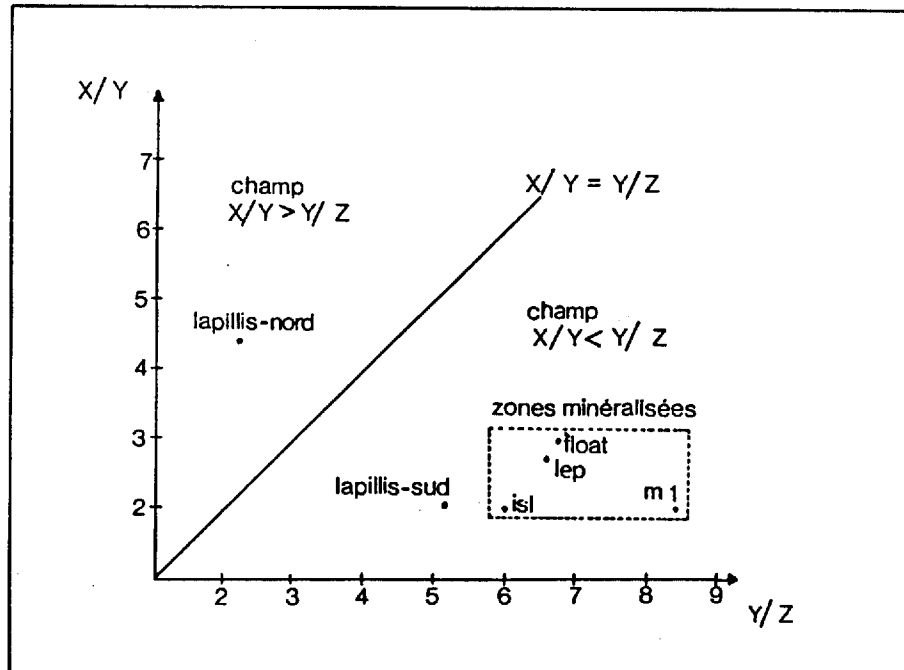


FIGURE 31- Diagramme de Flinn montrant les positions respectives des lapillis des deux secteurs et celles de quatre zones minéralisées en fonction de leurs rapports X/Y et Y/Z .

- Mécanisme de déformation

Les structures formées lors des événements cassants (zones de cisaillement, veines sigmoïdes, schistes à sulfures) s'expliquent plus aisément par un cisaillement simple (Ramsay et Graham, 1970). Les zones de cisaillement se sont développées perpendiculairement à la contrainte maximale σ_1 (i.e. perpendiculaires à l'axe court Z de l'ellipsoïde de déformation). Le changement de déformation (du type fluage au type cisaillement) est conséquent d'un changement de mécanisme de déformation. Ce changement de mécanisme de défor-

mation ou une baisse de la température et de la pression (Flinn, 1956). Nous favorisons la première hypothèse parce que la température et la pression semblent avoir été suffisantes pour permettre le remplissage des veines et l'altération hydrothermale associée à la minéralisation secondaire.

- Déformation de la minéralisation

La déformation cassante a été accompagnée par une intense activité hydrothermale. Celle-ci a provoqué la ségrégation métamorphique hydrothermale (remobilisation à l'état fluide) de la minéralisation primaire (Guha et Koo, 1975; Barret et al., 1977; Lesler et Keays, 1982; Guha et al., 1983); elle est également responsable de la génération de la minéralisation secondaire et de l'altération hydrothermale.

La forme globale des zones minéralisées a été précisée sans que nous ayons distingué les deux faciès de la minéralisation. Ceci a été possible parce que la minéralisation secondaire a été déposée à proximité et aux mêmes sites que la minéralisation primaire. Aucune minéralisation n'a été rencontrée le long de la vallée entre les filons-couches de gabbro. Ceci nous permet de définir les deux contrôles (structural et chimique) de la déposition de la minéralisation secondaire: celle-ci s'est déposée aux contacts cisailés des filons-couches et dans les zones de dilatation créées lors du chevauchement où elle a remplacé une partie de la minéralisation primaire (Lacroix, 1984). La minéralisation primaire remobilisée et secondaire a donc

été déposée dans les zones structurales dilatantes formées à ce moment. Ceci explique la présence d'un faciès minéralogique intermédiaire souvent observé (pyrrhotine-pyrite-chalcopyrite).

Des réactions métamorphiques (in situ) dans les sulfures et entre les sulfures et les silicates (McDonald, 1977) ont également considérablement modifié la minéralogie et les textures des sulfures primaires et de la roche encaissante. La réaction de ce type la plus communément observée est la transformation de la pyrrhotine en pyrite (sulfurisation); la source du soufre est probablement dans les roches sédimentaires (argilite, siltstone) de la vallée.

REMOBILISATION DE LA MINÉRALISATION

La remobilisation de gîtes sulfurées pré-existants lors d'un métamorphisme dynamique est un phénomène accepté et bien documenté dans la littérature (McDonald, 1967; Vokes, 1971). La distinction entre les remobilisations à l'état solide et fluide n'est cependant pas toujours possible à établir alors que les effets de celles-ci sont souvent simultanées (Lesler et Keays, 1982).

Dans le cas du lac Aulneau, les deux mécanismes de remobilisation (état solide, état fluide) sont principalement associés à deux modes de déformation

plicative et cassante respectivement). Cependant, tout au long de la déformation plicative, des réajustements de type cassant (cisaillement, glissement) ont du se succéder. Il est également probable que les deux mécanismes de remobilisation ont affecté plusieurs fois chacun la minéralisation. Les textures de la minéralisation présentement observée sont fréquemment le fruit de l'action combiné des deux mécanismes.

Les distances de remobilisation des sulfures peuvent être estimé dans chacune des zones minéralisées au lac Aulneau à l'aide des coupes géologiques et en prenant comme hypothèse de base une minéralisation primaire de Cu-Ni circonscrite dans le gabbro. On peut alors mesurer pour la zone Lepage une remobilisation des sulfures sur une distance de 30 à 60 M de part et d'autre du filon-couche selon l'axe intermédiaire Y et de 60 à 275 M de la même façon selon l'axe X. Ces distances de migration des sulfures représentent une augmentation minimale de 30 à 60% de la largeur et de 40 à 100% de la longueur de cette zone.

Les études antérieures de la déformation des gîtes sulfurées s'entendent généralement pour accepter une remobilisation à l'état solide de l'échelle métrique à décimétrique. Peredery (1982) a cependant décrit pour les gisements de Thompson situé également dans le contexte géotectonique du Circum-Supérieur (Baragar et Scoates, 1982) une migration des sulfures à l'échelle kilométrique. En gardant à l'esprit la déformation subie par les lapillis et les lithologies formant l'anticlinal isocliné de la vallée, nous jugeons

raisonnable d'expliquer la présence distale d'une partie de la minéralisation par rapport au gabbro par l'action cumulée des deux types de remobilisation. La situation actuelle de la minéralisation représente en partie la localisation des zones dilatantes formées lors du glissement; celles-ci sont probablement l'expression d'une faille de chevauchement située sous la vallée Aulneau-Redcliff. La minéralogie plus typique du faciès 2 à l'extérieur des filons-couches gabbroïques permet ainsi d'associer une sulfuration plus intense de la minéralisation primaire à celle qui subi apparamment une remobilisation plus poussée.

Épisode tectonique tardif

La schistosité S_2 et la réorientation locale des lapillis à l'intersection des schistosités S_1 et S_2 sont dues à des mouvements de compression postérieurs à l'épisode tectonique principal (P_1). La direction des contraintes durant cet épisode était probablement légèrement différente de celles du premier épisode parce que la schistosité S_2 est transverse à la schistosité S_1 et que les lapillis ont été réorientés. La symétrie monoclinique des lapillis réorientés (zone Redcliff) montre que le mécanisme de déformation est différent de l'épisode plicatif P_1 . Les structures formées (zones de cisaillement, clivages de crénulation) durant l'épisode cassant s'expliquent plus aisément par un cisaillement simple (Cosgrove, 1976).

Cet épisode a été accompagné d'une remobilisation métamorphique hydrothermale (état fluide) modérée de la minéralisation dans de nouvelles zones de basse pression. Slipp (1957) mentionne que les sulfures de cuivre (minéralisation secondaire) sont associés à des structures transverses que nous avons nommé la schistosité espacée S_2 . Dans les forages, les sulfures et les veines de quartz insérées dans la schistosité S_1 sont souvent déplacés et/ou remobilisés dans la partie faillée des plis-failles (clivage de crénulation).

Épisode cassant final

Un relachement des contraintes orogéniques de compression a causé des failles de gravité (Fournier, 1983) dans la vallée Aulneau-Redcliff; ceci indique que la compression orogénique a déformé les roches au-delà de leurs limites d'élasticité. Dans les forages, des fractures de tension associées à cet épisode final recoupent toutes les structures antérieures. Une faible remobilisation métamorphique hydrothermale (état fluide) de la minéralisation dans les fractures a accompagné cet épisode tectonique de tension.

TABLEAU 8 - Séquence des déformations de la minéralisation associées aux différents épisodes tectoniques de l'orogénie hudsonienne dans la région du lac Aulneau.

ÉPISODES	ÉVÉNEMENTS	LITHOLOGIES SILICATÉES	MINÉRALISATION
	PLICATIF	<ul style="list-style-type: none"> - plissement isoclinal et schistosité S_1. - métamorphisme schiste vert - déformation de flanc: (fluage des lithologies) <ul style="list-style-type: none"> . déformation et boudinage des matériaux compétents (lapillis, filons-couches) . fluage prononcé des matériaux incompétents 	<ul style="list-style-type: none"> - déformation plastique intense (fluage à l'état solide de la minéralisation primaire dans un plan XY parallèle à la schistosité S_1. . remobilisation des sulfures primaires à l'extérieur des filons-couches gabbroïque. . recristallisation complète de la minéralisation.
ÉPISODE TECTONIQUE PRINCIPAL	CASSANT ASSOCIÉ	<ul style="list-style-type: none"> - fractures de tension perpendiculaires à l'allongement des matériaux compétents. 	<ul style="list-style-type: none"> - remobilisation métamorphique hydrothermale faible (état fluide) des sulfures primaires avec du matériel de veine dans ces fractures.
	CASSANT	<ul style="list-style-type: none"> - glissement entre les lithologies de compétences différentes (filons-couches et roches encaissantes) - chevauchement probable du flanc normal sur le flanc inverse de l'anticlinal <ul style="list-style-type: none"> . création de zones de dilatation. 	<ul style="list-style-type: none"> - remobilisation métamorphique hydrothermale intense (état fluide) de la minéralisation primaire et génération de la minéralisation secondaire avec du matériel de veine dans les zones de dilatation.
		<ul style="list-style-type: none"> - altération hydrothermale et réactions sulfures-silicates 	
ÉPISODE TECTONIQUE TARDIF	PLICATIF	<ul style="list-style-type: none"> - ondulation des structures antérieures (axe de pli P_1 et schistosité S_1) - réorientation locale des lapillis à l'intersection des schistosités S_1 et S_2 	<ul style="list-style-type: none"> - remobilisation plastique faible (fluage) à l'état solide de la minéralisation
	CASSANT	<ul style="list-style-type: none"> - schistosité espacé S_2 	<ul style="list-style-type: none"> - remobilisation métamorphique modérée (état fluide) de la minéralisation
ÉPISODE TECTONIQUE FINAL	CASSANT	<ul style="list-style-type: none"> - relachement des contraintes orogéniques de compression 	<ul style="list-style-type: none"> - remobilisation métamorphique hydrothermale faible (état fluide) de la minéralisation

CONCLUSION

En nous basant sur nos travaux, nous proposons que la minéralisation de Cu-Ni du lac Aulneau, qui était initialement le fruit de la ségrégation magmatique, a subi d'importantes modifications durant la déformation orogénique hudsonienne.

Les lithologies incompetentes de la vallée Aulneau-Redcliff ont subi un plissement isoclinal principal associé à une schistosité S_1 et une déformation en cigares aplatis pour les filons-couches et les lapillis. Une étude des orientations et dimensions de ces derniers a permis d'orienter les axes et de préciser l'intensité de la déformation dans la vallée. Cet événement plicatif a évolué en événement cassant lors du décrochement du flanc normal du flanc inverse de l'anticlinal de la vallée. Un second épisode tectonique a provoqué des zones de cisaillement transverses (schistosité S_2) à la schistosité S_1 et la réorientation locale de lapillis à l'intersection des deux schistosités. Des failles de gravité expriment le relachement tardif des contraintes de compression orogénique.

Durant la déformation principale (P_1 , S_1), une déformation plicative a causé une remobilisation plastique (état solide) de la minéralisation à l'extérieur de la roche encaissante originale (gabbro). Cette déformation plicative a culminé en déformation cassante; celle-ci a provoqué la remobilisation métamorphique hydrothermale (état fluide) de la minéralisation

dans le plan de chevauchement probable de la vallée. Ceci a transformé considérablement la minéralogie de la minéralisation et des lithologies encaissantes alors que la plupart des fabriques actuelles de la minéralisation sont tectoniques et d'affinité hydrothermale. La déformation tardive (S_2) et la déformation cassante finale ont finalement remobilisé (surtout à l'état fluide) une faible partie de la minéralisation (surtout les sulfures de cuivre) dans d'autres structures recoupant celles associées à la déformation principale.

Ce rapport a servi à montrer les variations de formes et d'orientations, de minéralogies et de lithologies encaissantes, de structures et de textures de la minéralisation attribuées à la déformation orogénique hudsonienne. Il a ainsi servi à élucider les nombreuses caractéristiques qui font de la minéralisation du lac Aulneau un type différent de la plupart des modèles géologiques connus. Il montre finalement l'importance de considérer les effets à plusieurs échelles de la déformation sur la minéralisation avant de tenter la formulation de modèles génétiques.

RÉFÉRENCES

- AVISON, A.T. (1980) - The Geology of the Marymac Area. Hollinger North Shore Exploration Company Limited: rapport interne.
- BARAGAR, W.R.A. et SCOATES, R.F.J. (1981) - The circum-Superior belt: a Proterozoic plate margin? in Precambrian plate tectonics. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam; pages 297-330.
- BARRETT, F.M., BINNS, R.A., GROVES, D.I., MARSTON, R.J. et MCQUEEN, K.G. (1977) *history and metamorphic modification of*
- Structural/Archean Volcanic-Type Nickel Deposits, Yilgarn Block, Western Australia. Econ. Geol., Vol. 72, p. 1195-1223.
- CLARK, B.R. et KELLY, W.C. (1973) - Sulfide Deformation Studies: Experimental Deformation of Pyrrhotite and Sphalerite to 2 000 Bars and 500° C. Econ. Geol. Vol. 68, p. 332-352
- COSGROVE, J.W. (1976) - The formation of crenulation cleavage. J1 geol. Soc. Lond., Vol. 132, p. 155-178.
- DIMROTH, E. (1970) - Evolution of the Labrador geosyncline G.S.A. Bull., Vol. 81, p. 2717-2742.

- DIMROTH, E. (1978) - Région de la fosse du Labrador ($56^{\circ} 30'$ - $54^{\circ} 30'$) MRN, rapport géologique 193.
- DRESSLER, B. (1979) - Région de la fosse du Labrador ($56^{\circ} 30'$ - $57^{\circ} 15'$). MRN, rapport géologique 195.
- FLINN, D. (1965) - On the Deformation of the Fuzie Conglomerate, Feltar, Shetland. J. Geol., Vol 64, p. 480-505.
- FOURNIER, D. (1983) - Gîtes du Cu-Zn et de Cu-Ni de la fosse du Labrador, Québec. Thèse de 3^e cycle, non publiée, Université Pierre et Marie Curie; Paris VI.
- GILL, J.E. (1969) - Experimental Deformation and Annealing of Sulfides and Interpretation of Ore Textures. Econ. Geol., Vol. 64, p. 500-508.
- GRAF, J.L. et SKINNER, B.J. (1970) - Strength and Deformation of Pyrite and Pyrrhotite. Econ. Geol., Vol. 65, p. 206-215.
- GROVES, D.I., BARRETT, F.M., BINNS, R.A., MARSTON, R.J., MCQUEEN, K.G. (1976a)
- A possible volcanic-exhalative origin for lenticular nickel sulfide deposits of association, with special reference to those in Western Australia: Discussion. C.J.E.S., Vol., 13, Nos 7-12, p. 1646-1653.

- GROVES, D.I., BARRETT, F.M., MCQUEEN, K.G. (1976b) - The relative roles of magmatic segregation, volcanic exhalation and regional metamorphism in the generation of volcanic-associated nickel ores of Western Australia. *Can. Min.*, Vol. 17, p. 319-336.
- GUHA, J. et KOO, J. (1975) - Role of Fluid State Modification during Metamorphism of the Henderson Ore Bodies, Chibougamau, Québec, Canada. *C.J.E.S.*, Vol. 12, p. 1516-1523.
- GUHA, J., ARCHAMBAULT, G. et LEROY, J. (1983) - A correlation between the Evolution of Mineralizing Fluids and The Geochemical Development of a Shear Zone as Illustrated by the Henderson 2 Mine, Quebec. *Econ. Geol.*, Vol. 78, p. 1605-1618.
- KALLIOKOSKI, J., (1965) - Metamorphic features in north american massive sulfide deposits. *Econ. Geol.*, Vol. 60, p. 485-505.
- LACROIX, S. (1984) - Géologie du Cu-Ni dans la région du lac Aulneau, fosse du Labrador. *MERQ-MB 84-20*.
- LESLER, C.M. et KEAYS, R.R. (1982) - Metamorphically and hydrothermally mobilized Fe-Ni-Cu sulphides at Kambalda, Western Australia. Sulphide deposits in mafic and ultramafic rocks. *The Institution of Mining and Metallurgy*. Edité par D.L. Buchanan and M.J. Jones.

- MCDONALD, J.A. (1967) - Metamorphism and its Effects on Sulphide Assemblages. Mineralium Deposita 2, p. 200-220.
- MCDONALD, J.A. (1970) - Some Effects of Deformation on Sulfide-Rich Layers in Lead-Zinc Ore Bodies, Mount Isa, Queensland. Econ. Geol., Vol. 65, p. 273-298.
- PARK, R.G. (1983) - Foundations of Structural Geology. Chapman and Hall, New-York, 135 pages.
- PEREDERY, W.V. and Geological Staff (1982) - Geology and Nickel Sulphide Deposits of the Thompson Belt, Manitoba. Precambrian Sulphide Deposits, GAC, Special Paper 25, p. 165-209.
- RAMSAY, J.G. (1967) - Folding and Fracturing of Rocks, McGraw-Hill, New-York.
- RAMSAY, J.G. et GRAHAM, R.H. (1970) - Strain variation in shear belts, C.J.E.S., Vol. 7, p. 786-813.
- SLIPP, R.M. (1957) - Base Metals Deposits in the Labrador Trough between Lake Harveng and Aulneau, New-Quebec Ph.D., McGill University.
- STANTON, J.G. et GORMAN, R.H. (1968) - A Phenomenal Study of Grain Boundary Migration in some Common Sulfides. Econ. Geol., Vol. 63, p. 907-923.

STOCKWELL, C.H. (1982) - Proposals for Time Classification and Correlation of Precambrian Rocks and Events in Canada and Adjacent Areas of the Canadian Shield. GSC, Paper 80-19.

VOKES, F.M. (1969) - A review of the Metamorphism of Sulphide Deposits, Earth Sciences Review 5, p. 99-143.

VOKES, F.M. (1971) - Some Aspects of the Regional Metamorphic Mobilization of Preexisting Sulphide Deposits. Mineralium Deposita 6, p. 122-129.

WARDLE, R.J. et BAILEY, D.G. (1981) - Early Proterozoic sequences in Labrador. Proterozoic basins of Canada. C.G.C., Paper 81-10, p. 331-359.